



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
SUOR ORSOLA
BENINCASA

DIPARTIMENTO DI
SCIENZE FORMATIVE, PSICOLOGICHE
E DELLA COMUNICAZIONE

CORSO DI LAUREA
IN
SCIENZE DELLA FORMAZIONE PRIMARIA

TESI DI LAUREA
IN
ELEMENTI DI FISICA

DALLA PERCEZIONE ALLA MODELLIZZAZIONE:
Una ricerca sulle connessioni tra fenomeni
termici ed elastici nella scuola primaria.

Relatore

Candidata

Prof. Balzano Emilio
Dott.ssa Mazzeo Francesca

Ferrentino Elvira
Matricola 208006241

Indice

Introduzione	4
Parte prima.....	7
1.1 Vivere consapevolmente nel mondo	7
1.2 La percezione del mondo.....	11
1.3 I modi di guardare e osservare	14
1.4 L'educazione scientifica	19
Parte seconda	24
2.1. Le categorie fisiche del reale	24
2.2 Calore e Temperatura	27
2.3 La forza elastica e le molle	33
Parte terza	41
3.1 Il contesto	41
3.2 Le scelte metodologiche	43
3.2.1 I riferimenti europei e nazionali.....	46
3.3 Il progetto	50
3.4 La valutazione	83
Conclusioni	89
Bibliografia	98
Sitografia	102

Introduzione

Se dovessi descrivere con una sola parola il lavoro contenuto in queste pagine, lo definirei “aperto”. Utilizzo questo termine nello stesso modo in cui Umberto Eco lo intende all’interno del suo saggio “Opera aperta”¹. Attraverso questo saggio l’autore propone infatti un nuovo modo di approcciarsi alle opere, un approccio che porta a considerarle «plastiche e porose, sensibili allo sguardo e all’interpretazione del fruitore»².

L’“apertura”, intesa in questo modo, si presenta quindi come una scelta metodologica consapevole improntata al riconoscimento dell’incompletezza non solo come peculiarità dell’essere umano ma anche, e soprattutto, come tratto distintivo del processo didattico e educativo. Il progetto qui proposto non rappresenta un traguardo, ma piuttosto un punto

¹ UMBERTO ECO, *Opera aperta. Forma e indeterminazione nelle poetiche contemporanee*, Milano, Bompiani, 1962.

² <https://www.libreriapontremoli.it/filemanager/libri/opera-aperta-forma-e-indeterminazione-nelle-poetiche-contemporanee.php>

di partenza, una base su cui riflettere, costruire e generare nuove domande. Un'indagine, dunque, che ha avuto come obiettivo non tanto le risposte quanto le domande e, proprio per questo assume l'aspetto di un'opera viva e *in fieri*.

L'intento della ricerca non è e non è stato quello di voler "insegnare la fisica" ai bambini nel senso tradizionale del termine, quanto piuttosto quello di accompagnarli in un percorso di familiarizzazione con l'inflazionato pensiero scientifico. Un pensiero che osserva, che interroga, che ipotizza, che sperimenta e che non teme la complessità, ma cerca di esplorarla partendo dal concreto, dall'agito, dal vissuto.

Animata da questo spirito ho cercato di guidare la classe verso un approccio al reale diverso, improntato alla ricerca di quelle connessioni che influenzano e determinano il mondo intorno a noi. Ho cercato di fare ciò proponendo l'osservazione di due fenomenologie che, nonostante appartengono a domini concettuali differenti, si presentano, in qualche modo, strutturalmente affini: parliamo del calore che provoca l'innalzamento del liquido in un termometro e della forza che determina l'allungamento di una molla. Queste fenomenologie

condividono un approccio logico fondato sulla relazione che va ad instaurarsi tra le grandezze che variano insieme.

Partendo da queste analogie, il mio intento è stato quello di esplorare in che misura sia possibile, già nella scuola primaria, cercare di indurre negli alunni un ragionamento che potesse portarli a comprendere in che modo le variabili in campo si influenzino reciprocamente.

In altre parole, mi sono chiesta se, lavorando insieme, fosse possibile accendere nei bambini una prima forma di pensiero covariazionale, capace di dare senso a ciò che accade non solo descrivendolo, ma cercando di spiegarlo, ragionando sulle connessioni tra le cose.

La necessità di rintracciare schemi nella complessità del reale è fondamentale affinché i cittadini del domani riescano a padroneggiare un mondo in continuo cambiamento, liquido nel suo divenire.

La sfida di pensare a come adattare una idea semplice; eppure, complessa per un pubblico così piccolo, mi ha spinto a pormi la seguente domanda: “Come spiegare il cambiamento, l’evoluzione, rimanendo nella «zona di sviluppo prossimale» dei bambini?”

Parte prima

1.1 Vivere consapevolmente nel mondo

Siamo, in quanto genere umano, davvero in grado di stare al passo col progresso che noi stessi generiamo?

Sembra un paradosso, e, in effetti, lo è. È innegabile, la velocità con cui l'innovazione tecnologica e scientifica avanza supera spesso la nostra consapevolezza e la nostra capacità di riflettere criticamente su ciò che stiamo creando. Il futuro non viene più percepito come una dimensione nella quale realizzare il fine della nostra esistenza, ma viene associato ad esso un'unica promessa: quella del potenziamento continuo dei mezzi e, come osserva acutamente Galimberti, «per effetto del progresso ogni certezza è divorata dalla certezza successiva, per cui, alla fine, sembra che nulla sia certo ad eccezione dell'imminente obsolescenza di tutte le certezze»³. Di questa incertezza e instabilità facciamo esperienza quotidianamente,

³ GALIMBERTI UMBERTO, *Parole nomadi*, Giangiaco Feltrinelli Editore, Milano, 2020, p. 158.

possiamo notare infatti che quello che oggi apprendiamo, domani può già risultare superato e/o obsoleto e, in questo marasma, l'essere umano rischia di perdere l'orientamento.

Questo ci porta ad una riflessione ancora più profonda: «rischiamo di non chiederci se il nostro modo di essere uomini non sia ormai troppo antico per abitare l'epoca della tecnica, che non noi, ma che la scienza ha creato»⁴. La rapida evoluzione della tecnologia non è un fenomeno separato dalla nostra esistenza in quanto «la scienza non è oggetto di nostra scelta, è il nostro ambiente. Essa crea un mondo con determinate caratteristiche che noi non possiamo evitare di abitare, e, abitandolo, finiamo per contrarre abiti e abitudini»⁵ che spesso indossiamo senza però disporre degli strumenti necessari per adattarli realmente a noi stessi. In questo contesto, la nostra sfida non è solo quella di cercare di cambiare il mondo in quanto non basta, poiché «questo cambiamento avviene persino senza la nostra collaborazione. Nostro compito è di interpretare come ciò avviene al fine di cambiare il

⁴ *Ivi*, p. 198.

⁵ *Ivi*, p. 199.

cambiamento. Affinché il mondo non continui a cambiare senza di noi. E, alla fine, non cambi in un mondo senza noi»⁶.

Che implicazione ha tutto ciò dal punto di vista didattico?

La richiesta che oggi si rivolge alla scuola non è più quella strettamente strumentale di rendere i discenti in grado di “leggere, scrivere e far di conto”, ma è necessario un ripensamento strutturale sia dell’istituzione che delle discipline. Queste, infatti, non possono più essere trattate come entità separate, ma devono essere rilette in una visione che favorisca l’integrazione e la connessione tra i diversi ambiti del sapere.

Per parafrasare *Berthoz*, potremmo parlare di «semplicità»⁷, di un concetto che va oltre la banale semplificazione e introduce, invece, una modalità di comprensione che dà la possibilità di orientarsi nella realtà senza rinunciare alla profondità. Come sostiene lo stesso *Berthoz*, «questo non è solo un gioco linguistico. La parola

⁶ *Ivi*, p. 200.

⁷ BERTHOZ ALAIN, *La semplicità*, Codice Edizioni, Torino, 2011.

riassume una necessità biologica comparsa nel corso dell'evoluzione per permettere la sopravvivenza degli animali e dell'uomo sul pianeta»⁸. In un mondo che si presenta sempre più complesso, infatti, il cervello umano, per essere in grado di comprendere e agire efficacemente, deve semplificare i processi senza però banalizzarli o ridurli. Le soluzioni semplificative «non sono né caricature né scorciatoie»⁹, ma strumenti cognitivi che ci consentono di navigare tra le informazioni e di fare uso dell'esperienza passata per prevedere il futuro. Queste «possono comportare una serie di deviazioni, una apparente complessità aggiuntiva, ma pongono sempre problemi in modo originale. Al contrario di quello che si potrebbe pensare, semplificare non è semplice, perché richiede in particolare di inibire, di selezionare, di collegare, di immaginare.»¹⁰. Nel contesto educativo, la scuola deve quindi essere in grado di fornire ai discenti gli strumenti per elaborare schemi semplificativi, che non li proteggano dalla complessità,

⁸ *Ivi*, p. 5.

⁹ *Ibidem*

¹⁰ *Ibidem*

ma li rendano capaci di «discretizzarla, cioè di scandirla in elementi parziali, di suddividerla operando distinzioni e ponendo confini»¹¹ e, in seguito, di riconnetterla.

1.2 La percezione del mondo

Cosa influenza la conoscenza che produciamo dall'esperienza?

Partiamo dal “Mito della caverna”¹² di Platone¹³. Questo racconto - tra i più noti del pensiero occidentale - ci permette di avviare una riflessione significativa sull'interrogativo posto. Platone ci descrive la condizione di alcuni uomini costretti, fin dalla nascita, a vivere all'interno di una caverna. Sono incatenati e il loro sguardo può volgersi solo verso una parete

¹¹ M. ARCÀ, PAOLO GUIDONI, *Guardare per sistemi, guardare per variabili. Un approccio alla fisica e alla biologia per la scuola dell'obbligo*, Progetto strategico tecnologie e innovazione didattica, CNR-Roma, Novembre 1986 , p. 10

¹² PLATONE, *Mito della Caverna* tratto da “Repubblica”, VII [514a – 517c]:

¹³ Atene, 428/427 a.C. – Atene, 348/347 a.C. Filosofo, scrittore e politico greco.

sulla quale vengo proiettate le ombre degli oggetti che attraversano, alle loro spalle, una fonte di luce. Non potendo muoversi né voltarsi sono, quindi, convinti del fatto che quelle ombre siano la realtà.

Possiamo cogliere in questa prima parte uno spunto di riflessione interessante: la nostra concezione del reale è condizionata dalla percezione che ne abbiamo.

Parafrasando *Maurice Merleau-Ponty*¹⁴, potremmo definire la percezione come un atto, solitamente involontario, che ci porta ad assumere un punto di vista e, di conseguenza, a vivere il mondo in un certo modo¹⁵. La percezione però non è qualcosa di neutro ma si presenta come una forma di interpretazione mediata non solo dai sensi ma anche da categorie cognitive, linguaggio ed esperienza. Anche la scienza contemporanea fa notare come il mondo che noi percepiamo in realtà non sia veramente così com'è, ma piuttosto sia il risultato di un processo di elaborazione, strutturazione, organizzazione,

¹⁴ Esponente dell'esistenzialismo francese, 1908-1961.

¹⁵ MERLEAU-PONTY, M., *Phénoménologie de la perception*, 1945 – ed. it. Bompiani)

che il nostro cervello fa partendo dagli stimoli che vengono raccolti dai sensi.

Il mito continua. Uno di quegli uomini riesce a liberarsi dalle catene e, passo dopo passo, si incammina verso l'uscita. Dopo un iniziale smarrimento riesce finalmente a vedere con i propri occhi ciò che prima poteva solo intuire attraverso ombre. Ora ha accesso a un mondo nuovo, più ricco e più complesso.

Senza addentrarci nelle molteplici interpretazioni filosofiche di questo mito, possiamo però notare come alla riflessione sulla percezione si affianchi quella sulla visione. Esiste una differenza sostanziale tra vedere e guardare, tra percepire passivamente e osservare attivamente. Partendo da ciò potremmo affermare, infatti, che per guardare non basti avere gli occhi aperti ma che sia necessaria una "educazione" dello sguardo e che, soprattutto, l'individuo sia disposto ad uscire dalla propria caverna, ad abbandonare le certezze consolidate per esplorare, con curiosità e attenzione, ciò che lo circonda. L'osservazione è quindi una competenza da affinare, un atteggiamento mentale da coltivare. Lo stesso Platone, infatti, nel mito scrive: «giunto alla luce, essendo i suoi occhi abbagliati, non potrebbe vedere nemmeno una delle cose che

ora sono dette vere. – Non potrebbe [...] all'improvviso. – Dovrebbe abituarvisi [...] E prima osserverà [...] le ombre e poi le immagini [...] e infine gli oggetti stessi»¹⁶.

1.3 I modi di guardare e osservare

Quanti modi abbiamo di osservare il mondo che accade intorno a noi?

Paolo Guidoni fa notare come «ad ogni aspetto del mondo corrisponde un modo “umano” di guardare quest'ultimo: e può trattarsi di modi estremamente specifici [...] o di modi non specialistici, ampi, flessibili. [...] Non esiste e non servirebbe un unico “modo di guardare”.»¹⁷. L'individuo, quindi, non ha il solo ruolo di spettatore, ma è co-autore del significato che attribuisce al mondo in quanto «non si tratta più

¹⁶ PLATONE, *Opere*, vol. II, Laterza, Bari, 1967, p. 339-342

¹⁷ M. ARCÀ, PAOLO GUIDONI, *Guardare per sistemi, guardare per variabili. Un approccio alla fisica e alla biologia per la scuola dell'obbligo*, Progetto strategico tecnologie e innovazione didattica, CNR-Roma, Novembre 1986. p. 9

di descrivere il mondo vissuto ma della necessità di costruirlo»¹⁸.

Una riflessione su questi modi di guardare «intrecciati e complessi» è fondamentale poiché «dipende da noi e dai nostri intenti coglierne l'uno o l'altro aspetto, in diversi momenti e con diverse finalità»¹⁹.

Possiamo, ad esempio, decidere di «scandire il mondo individuando strutture di sistemi [...] o reti di fenomeni»²⁰.

I sistemi – che possono essere i sistemi fisici, i sistemi viventi, i sistemi economici, ecc...- sono «caratterizzati da loro specifiche complessità, organizzati al loro interno e capaci di funzionare – ciascuno a suo modo – mantenendo la propria individualità.»²¹. Tali sistemi non esistono isolati gli uni dagli

¹⁸ MERLEAU-PONTY, M., *Phénoménologie de la perception*, 1945 – ed. it. Bompiani).

p. 104

¹⁹M. ARCÀ, PAOLO GUIDONI, *Guardare per sistemi, guardare per variabili. Un approccio alla fisica e alla biologia per la scuola dell'obbligo*, Progetto strategico tecnologie e innovazione didattica, CNR- Roma, Novembre 1986. p. 10

²⁰ *Ibidem*

²¹ *Ibidem*

altri ma si intersecano, si influenzano, si modificano reciprocamente e, in questa rete di relazioni, si manifesta la vera complessità del reale. Comprendere il mondo, allora, non significa soltanto osservarne le singole parti, ma riconoscerne le connessioni e le interdipendenze.

Un'altra possibilità, che può coesistere, è quella di scegliere di guardare al mondo come a una fitta rete di fenomeni – fisici, biologici, sociali, ecc...-.

È attraverso l'osservazione dei modi in cui si susseguono e si connettono le dinamiche degli eventi che iniziamo a porre le basi per la costruzione degli strumenti utili alla comprensione del reale. Imparare ad osservare i fenomeni, capirne i ritmi e le dinamiche, ci consente di intuirne, talvolta implicitamente, le configurazioni e i legami che mantengono una loro coerenza profonda nonostante le trasformazioni.

Rendere «cognitivamente esplicita»²² la capacità di vedere, rappresentare, collegare le somiglianze, richiede molto tempo «non tanto perché sia difficile accorgersi che le cose

²² *Ibidem*

sono tutte diverse, e che continuamente cambiano, mentre sono sempre, almeno in parte, anche uguali, a sé e alle altre. Piuttosto perché bisogna trovare parole e modi adatti a esprimere e a rappresentare differenze e cambiamenti, permanenze e invarianze.»²³.

A questa capacità di riconoscere permanenze, cambiamenti, somiglianze e differenze, si affianca un tipo di pensiero meno intuitivo, ma cruciale: il “*pensiero covariazionale*”.

Questo può essere descritto come un «processo cognitivo»²⁴, che richiede di osservare e di riuscire a «visualizzare mentalmente»²⁵ come due o più aspetti del mondo cambino insieme, e a coglierne le relazioni dinamiche. Non si guarda più a un fenomeno isolato, ma a ciò che accade mentre qualcos'altro accade, cercando legami, dipendenze,

²³ *Ibidem*

²⁴ SARA BAGOSSI, SILVIA BELTRAMINO, FEDERICA FERRETTI, CHIARA GIBERTI, EUGENIA TARANTO, *Varia tu che covario anch'io. Riflessioni e progettazioni sul pensiero covariazionale*, prefazione di Ferdinando Arzarello, Ledizioni LediPublishing, Milano, 2023. p.9

²⁵ *Ibidem*

tendenze che non sempre sono visibili a prima vista. È un modo di pensare che ci invita a passare dalla domanda “che cosa succede?” a interrogativi come “come sta cambiando?”, “quanto cambia?”, e soprattutto “mentre cambia questo, cos’altro sta cambiando?”. Quando cambia la temperatura, cosa accade all’umidità? Se una pianta cresce di più in un terreno rispetto ad un altro, da cosa può dipendere? Sono domande semplici solo in apparenza, perché implicano una disponibilità a pensare in termini di variazione e di relazione fra variazioni e non più in modo lineare o statico. «Quando si ragiona su due quantità che variano simultaneamente, c’è differenza tra ragionare sulla relazione causa-effetto (la quantità A influenza la quantità B) o ragionare *covariazionalmente* sulla loro relazione (la quantità A sta cambiando mentre la quantità B sta cambiando)»²⁶.

Questo tipo di ragionamento è applicabile in ogni ambito che abbia come obiettivo quello di comprendere il mondo senza suddividerlo in compartimenti stagna. È, in un

²⁶ *Ibidem*

certo senso, un allenamento dello sguardo che va oltre il singolo dato e che ricerca nel cambiamento stesso una forma di significato. Possiamo non accorgercene ma ogni volta che proviamo a capire il mondo senza ridurlo a pezzi isolati, ci muoviamo all'interno di una *logica covariazionale*.

1.4 L'educazione scientifica

Come possono i docenti fornire le sollecitazioni giuste affinché si sviluppi, nei discenti, il ragionamento covariazionale?

La domanda è interessante in quanto ci invita a porre l'attenzione sui docenti e, in particolare, sul modo in cui quest'ultimi hanno acquisito le loro conoscenze, sul mondo in cui le hanno strutturate e sul modo in cui le trasmetteranno. Chi educa al pensiero problematico, al ragionamento, non può farlo senza aver prima messo in atto una revisione delle proprie conoscenze.

Prima ancora di rivolgersi ai bambini, è necessario che gli insegnanti mettano in discussione i propri modi di guardare

il sapere scientifico e le proprie convinzioni. Molti docenti, infatti, si ritrovano ad insegnare le discipline scientifiche nel modo in cui loro stessi, da studenti, hanno appreso questo tipo di informazioni. Questo li porta ad affidarsi, spesso inconsapevolmente, a modelli di trasmissione del sapere che vedono questo tipo di conoscenze come un insieme di definizioni dogmatiche, di leggi già costruite da accettare ed imparare a memoria senza farsi troppe domande. «Molti insegnati della scuola primaria scelgono di non approfondire argomenti scientifici o di escluderli dal curriculum poiché non possiedono una buona conoscenza della materia da cui consegue anche una scarsa autostima. Il risultato è che, quando si evita del tutto di insegnarle, le materie scientifiche vengono affrontate basandosi soltanto sui libri di testo e attraverso schede di lavoro prescrittive, escludendo completamente la pratica sperimentale e la discussione critica.»²⁷.

²⁷ ANNUNZIATA, ANNARITA & BALZANO, EMILIO & ARTIANO, GIANCARLO. (2022). *La Sperimentazione nella Didattica della Fisica e Scienze della Formazione Primaria a Napoli. Experimentation in the Physics Teaching course for the Preparation of Primary School teachers in Naples*. 10.1393/gdf/i2022-10472-6. p.75

Ma il pensiero scientifico — soprattutto se inteso in chiave sistemica, relazionale, covariazionale — è tutt'altro: è esplorazione, dubbio, ricerca di connessioni. Se si vogliono davvero coltivare queste forme di pensiero nei più piccoli, bisogna prima di tutto decostruire l'idea di sapere scientifico come un qualcosa di rigido e chiuso, per poterlo riscoprire come uno spazio aperto, dinamico, dialogico. Questo lavoro di decostruzione, tuttavia, non è scontato. Richiede tempo, accompagnamento, e soprattutto una disponibilità a mettersi in gioco. «Per riuscire in questo obiettivo – i futuri insegnanti – dovrebbero partecipare attivamente al processo di apprendimento e affrontare i contenuti scientifici attraverso un continuo processo di metacognizione. [...] È fondamentale che abbiano la possibilità di analizzare e riflettere sui modi in cui vengono preparati, dal momento che ragionevolmente si sentiranno maggiormente a proprio agio con ciò che hanno sperimentato e che hanno vissuto con successo come studenti»²⁸. Anche Emma Castelnuovo osserva come «riguardo

²⁸ *Ivi p. 74-75*

all'educazione matematica e scientifica, gli adulti hanno molte più difficoltà dei bambini, perché per noi, soprattutto se si è insegnati, è più difficile mettere in dubbio conoscenze e opinioni consolidate. I bambini, di fronte ad una dimostrazione evidente, sanno cambiare la loro opinione. Hanno un atteggiamento scientifico e una apertura mentale maggiore di molti adulti che, anche di fronte all'evidenza, tendono ad arroccarsi dentro un punto di vista appreso nel passato, magari senza essere stato pienamente compreso.»²⁹.

È solo attraverso un percorso di metacognizione quindi che l'insegnante può trasformarsi da trasmettitore di nozioni a promotore di esperienze significative, e, in questo modo, sarà in grado di creare contesti didattici in cui osservare, mettere in relazione, costruire significati attraverso atti di condivisione, di creazione, di trasformazione. «L'apprendimento della matematica e di diverse discipline scientifiche è difficile, lo sappiamo, e troppe volte provoca forme di rigetto negli allievi che si ossificano nel tempo, portando molti a dire, quasi con

²⁹ CASTELNUOVO EMMA, *L'officina matematica. Ragionare con i materiali*, come gioco. Edizioni La Meridiana, Molfetta (BA), 2008. p. 17

orgoglio: “di matematica non capisco nulla”. Tra adulti, allora, più ancora che con i ragazzi, è necessario costruire contesti di apprendimento in cui si possa ritrovare fiducia nel proprio pensare e scoprire che l’osservazione della bellezza del cosmo ha sempre avuto a che vedere con il pensiero matematico.»³⁰.

³⁰ *Ibidem*

Parte seconda

27.1. *Le categorie fisiche del reale*

Dal momento in cui apriamo gli occhi fino a quando andiamo a dormire, quotidianamente, facciamo esperienza di una moltitudine di fenomeni diversi: sentiamo, ad esempio, il calore del sole sulla pelle, vediamo il vapore che sale da una tazza di caffè, percepiamo la forza dell'elastico che usiamo per legare i capelli... ogni azione che compiamo o vediamo compiersi nel mondo è frutto di relazioni, di risposte a sollecitazioni. Raramente però ci soffermiamo a riflettere sul fatto che questi eventi - così quotidiani da sembrare scontati - siano in realtà il punto di partenza per la costruzione di conoscenze scientifiche significative.

Tra tutte le scienze potremmo individuare la Fisica come quella disciplina che, forse più delle altre, cerca di dare significato a ciò che accade nel mondo intorno a noi. Non a caso, infatti, se facciamo riferimento all'etimologia della parola "fisica" vediamo che questa deriva «dal latino *physica* che significa "natura" e dal greco antico $\tau \acute{\alpha}\varphi\upsilon\sigma\iota\kappa\acute{\alpha}$ che significa "le

cose naturali”»³¹. Partendo quindi da ciò che si vede, si tocca, si sperimenta cerca di fornire chiavi interpretative, modi di vedere e strumenti per leggere la realtà.

La ricerca di chiavi interpretative ha permesso di individuare classi di fenomeni alle quali ricondurre ciò che accade e questo ci consente di parlare di macroaree come la meccanica, la termologia, l’ottica, l’elettricità, il magnetismo e altre ancora. Ognuna di queste va a definire un modo per “ordinare” l’esperienza, per delimitare un campo d’indagine e mettere in risalto certe connessioni e certe leggi.

Questa classificazione però non è né rigida né definitiva in quanto ha una funzione strumentale. Serve infatti a dare un primo orientamento, a fornire una sorta di mappa utile a guidare lo sguardo e a suggerire analogie tra eventi apparentemente diversi.

In questo capitolo, la nostra attenzione si concentrerà su alcuni di questi fenomeni, in particolare quelli che riguardano il calore, la temperatura, la forza elastica e il comportamento

³¹ SERGIO ROSSI, *Prime lezioni di fisica*, Instant junior, GRIBAUDO – IF – Idee editoriali Feltrinelli srl, 2023, p. 7

delle molle. Non perché siano più importanti di altri, ma perché sono stati oggetto di esplorazione e di scoperta durante le attività svolte in classe con i bambini. Sono fenomeni vicini all'esperienza quotidiana, ma al tempo stesso capaci di aprire varchi verso concetti fondamentali della fisica.

L'intento non è e non è stato quello di voler "insegnare la fisica" ai bambini nel senso tradizionale del termine, quanto piuttosto quello di accompagnarli in un percorso di familiarizzazione con l'inflazionato pensiero scientifico. Un pensiero che osserva, che interroga, che ipotizza, che sperimenta e che non teme la complessità, ma cerca di esplorarla partendo dal concreto, dall'agito, dal vissuto. Le fenomenologie affrontate in classe hanno permesso di creare uno spazio nel quale i bambini hanno avuto la possibilità di porre domande, di costruire spiegazioni, di rivedere le proprie intuizioni alla luce delle esperienze proposte. La classe si è trasformata in una vera e propria palestra di pensiero e all'interno di questo spazio non solo gli alunni ma anche gli insegnanti hanno avuto la possibilità di osservare e riflettere sul modo in cui nasce e si coltiva la comprensione scientifica del mondo.

2.2 Calore e Temperatura

Cosa è il calore? Cosa è la temperatura?

Per rispondere a queste domande potremmo far riferimento a qualcosa che abbia a che fare con una sensazione corporea o con un vissuto quotidiano, ma riuscire a darne una spiegazione che possa essere “universalmente accettata” non è una cosa banale. Se volessimo inquadrarle in un’ottica specialistica ci accorgeremmo che tali definizioni vanno ben oltre l’immediata percezione sensoriale.

La fisica, infatti, per dare una descrizione a concetti come “calore” e “temperatura” e, più in generale, alla maggior parte delle fenomenologie, non fa affidamento unicamente all’intuizione o all’esperienza soggettiva, ma si avvale di un tipo di definizione - detta operativa - attraverso la quale cerca di ancorare un concetto astratto ad un’azione concreta, ad una procedura che sia ripetibile, osservabile e condivisibile. Fa ciò affinché non solo si riesca a dare una risposta al “che cosa è” quella “cosa” che si sta osservando, ma punta ad identificare

quegli attributi che la vanno a rendere peculiare. «La definizione operativa di una grandezza fisica consiste di due parti: la descrizione degli strumenti necessari per misurare la grandezza e la determinazione di una procedura non ambigua - detta “protocollo” - con cui utilizzare gli strumenti di misura.»³² In questo modo, la scienza punta alla costruzione di un linguaggio che sia comprensibile a livello internazionale. «Sulla base di una definizione operativa, ricercatori diversi che si trovano nelle stesse condizioni ottengono, per la misura della stessa grandezza, lo stesso risultato. Così gli scienziati sono in grado di concordare sul fatto che i dati raccolti sono corretti.»³³

Facendo riferimento al concetto di “calore” vediamo che questo può essere definito come «l’energia che si trasmette da un corpo a temperatura maggiore a un corpo a temperatura

³² <http://ebook.scuola.zanichelli.it/amaldiraetorie/volume-1/le-grandezze/le-definizioni-operative#32>

³³ <http://ebook.scuola.zanichelli.it/amaldiraetorie/volume-1/le-grandezze/le-definizioni-operative#32>

minore a causa della differenza di temperatura.»³⁴. Questo ci permette di affermare che il calore non è qualcosa di tangibile, né qualcosa che “si possiede” in sé, piuttosto possiamo immaginarlo come un flusso di energia in transito che, seguendo dei principi – detti principi termodinamici- si sposta da un corpo all’altro finché non viene raggiunto l’equilibrio termico tra i due – o più corpi- interessati. Partendo da queste affermazioni quindi possiamo identificare come qualità di un sistema non il calore in sé ma la quantità di calore che il sistema è in grado di scambiare. Con sistema facciamo riferimento «ad un insieme di corpi che possiamo immaginare avvolti da una superficie chiusa, ma permeabile alla materia e all’energia. L’ambiente è tutto ciò che si trova fuori da questa superficie. La termodinamica studia le leggi con cui i sistemi scambiano (cioè cedono e ricevono) energia con l’ambiente.»³⁵

34

https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808745064_04_CAP.pdf

³⁵ AMALDI UGO, *L’Amaldi per i licei scientifici. blu seconda edizione Meccanica e Termodinamica vol. 1*, a cura di Melegari, Joli, Cerboneschi, Zanichelli Editore S.p.A., Bologna, 2015, p. 399

Ad essere una caratteristica di un sistema è invece la temperatura ed è la grandezza fisica che «dà una misura oggettiva della sensazione di caldo e freddo. [...] Ma da che cosa dipende la temperatura? Per capirlo dobbiamo prima esaminare la struttura microscopica degli oggetti.»³⁶ . La temperatura, infatti, riflette il grado di agitazione delle particelle che vanno a costituire il corpo e questo ci permette di affermare che a temperatura elevata corrisponde una elevata eccitazione a livello microscopico. Anche se questo movimento non è osservabile ad occhio nudo è possibile dedurlo grazie a strumenti che riescono a renderlo visibile.

Uno di questi strumenti è il termometro, che mostra in modo semplice come una definizione operativa possa diventare parte della nostra esperienza quotidiana. Attraverso il termometro siamo in grado di assegnare un valore numerico al grado di eccitazione delle molecole. Possiamo fare ciò sulla base delle variazioni volumiche che interessano il liquido

36

https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808865946_04_CAP.pdf
f

termometrico - una sostanza sensibile solitamente mercurio, alcol o una lega metallica di gallio, indio e stagno- posto all'interno dello strumento³⁷. Il principio di funzionamento è semplice, possiamo osservare infatti che una volta entrato in contatto con il corpo, al variare della temperatura di quest'ultimo, il volume della sostanza posta all'interno dello strumento cambia in modo regolare e prevedibile, permettendoci così di associare ad una certa dilatazione una specifica temperatura.

Vi è quindi una relazione tra le variazioni di temperatura e la dilatazione volumica del liquido e tale relazione, entro certi limiti, può essere considerata lineare nella misura in cui al variare della temperatura si osserva una variazione volumica.

³⁷ Vale la pena precisare che, in questa sede, si farà riferimento principalmente al termometro a mercurio (oggi sostituito da quello ecologico), ma esistono anche altri tipi di termometri basati su principi di funzionamento differenti. Ad esempio, il termometro digitale misura la temperatura grazie a una variazione di potenziale elettrico che si genera in una piccola placchetta metallica al suo interno. Abbiamo poi il termometro a infrarossi, invece, che è in grado di rilevare le radiazioni termiche emesse da un corpo, traducendole in un valore numerico corrispondente alla temperatura.

Partendo da questa relazione di “causa-effetto”, ed ampliando lo sguardo in ottica covariazionale, possiamo iniziare a porre domande come “cosa sta cambiando mentre cambia la temperatura?”, “come questo incide sullo strumento che stiamo utilizzando per misurarla?”. Attraverso queste domande possiamo guidare l’osservazione e notare che ciò che “spinge” il liquido a salire o scendere non è la temperatura, intesa come valore numerico sul termometro, ma che tale comportamento altro non è che l’esito dello stato energetico delle particelle che compongono il corpo preso in esame. Ciò che osserviamo quindi altro non è che l’esito di un processo che avviene a livello microscopico. Aumentando la temperatura, l’agitazione termica delle particelle aumenterà, causando una maggiore distanza tra di loro e comporterà un’espansione volumetrica. Al contrario, diminuendo la temperatura, le particelle si muoveranno meno intensamente e, di conseguenza, il volume si contrarrà.

Questa interpretazione ci consente di muovere i primi passi verso il concetto di “modello” in quanto, anche se non possiamo vedere le particelle, possiamo però dedurne il loro comportamento partendo da ciò che si osserva a livello

macroscopico. Il termometro diventa quindi una specie di “traduttore” che ci permette di dare un nome a ciò che cambia (la temperatura) partendo da ciò che rende tale cambiamento osservabile (il volume del liquido), offrendo così un esempio concreto di relazione tra grandezze fisiche.

Allenare il pensiero a ragionare in termini di variazioni che avvengono simultaneamente ci consente di sviluppare uno sguardo più attento circa i nessi che regolano non solo questi fenomeni ma molti altri. Come vedremo nel prossimo paragrafo, anche nel caso delle molle e della forza elastica possiamo notare una relazione simile.

2.3 La forza elastica e le molle

Introduciamo ora alcuni concetti che, similmente a quelli affrontati nei paragrafi precedenti, presentano un ancoraggio nel mondo reale forte ma una definizione “scientifica” e “universale” meno intuitiva.

Parliamo prima, in generale, del concetto di forza.

Sono innumerevoli le azioni che ci mettono in relazione con tale concetto, ad esempio spingere una porta, sollevare una scatola, svitare un tappo, ecc... Queste azioni ci fanno intuire, talvolta in modo implicito, che per “sentire una forza” o “applicare una forza” sia necessaria una interazione e, spesso, tendiamo a relegarla ad un qualcosa che avviene solo a livello muscolare. In realtà «la forza è qualsiasi causa capace di modificare lo stato di quiete o di moto di un corpo.»³⁸. Per poterla definire in modo più completo però bisogna specificare alcuni “attributi”: diciamo infatti che la forza è una grandezza vettoriale. Cosa vuol dire vettoriale? «Una grandezza vettoriale, o semplicemente un vettore, è una grandezza descritta in modo completo dall’insieme di tre informazioni: il modulo, o intensità, ossia il valore della misura espresso nell’unità propria della grandezza; la direzione; il verso.»³⁹.

38

https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808532794_04_CAP.pdf
f, p.13

39

https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808221131_04_CAP.pdf
f, p. 9

Una volta individuate queste caratteristiche però è necessario sottolineare che non esiste “una sola” forza, universale e camaleontica, ma possiamo individuare diversi tipi di forze a seconda dei contesti e delle fenomenologie che stiamo osservando. Alcune forze si originano dall’interazione diretta tra due corpi – come l’attrito, le reazioni vincolari, ecc...-, altre invece possono generarsi senza che vi sia contatto tra i corpi – come la forza gravitazionale o la forza magnetica-, in alcuni casi invece la forza sembra essere “intrinseca” all’oggetto stesso – come la forza elastica-.

Per poter studiare in modo oggettivo una forza è necessario poterla misurare, è necessario individuare la sua intensità. «L’intensità di una forza si può misurare con un dinamometro. Il dinamometro è uno strumento costituito da una molla fissata a una delle due estremità e libera di allungarsi all’estremità opposta. Collegato alla molla c’è un indicatore che scorre lungo una scala graduata quando la molla si allunga o si accorcia. In genere, l’estremità libera del dinamometro termina con un gancio: appendendo un oggetto al gancio, la molla si allunga in modo proporzionale alla forza esercitata dall’oggetto sulla molla. L’intensità della forza è segnata

dall'indicatore sulla scala.»⁴⁰. Il dinamometro riesce quindi – similmente al termometro- a tradurre un processo microscopico in una deformazione fisica visibile e traducibile in un numero. Non si limita a “mostrare” la forza ma la rende quantificabile.

Attraverso il dinamometro possiamo aprire un varco che ci permetterà di attenzionare, più nello specifico, la forza elastica. Questo tipo di forza si manifesta quando un corpo subisce una deformazione a causa di una forza esterna e reagisce cercando di tornare alla sua configurazione iniziale. Si tratta dunque di una forza, interna al corpo stesso, che potremmo definire “di richiamo” in quanto si oppone alla deformazione subita. In apparenza questo comportamento potrebbe sembrare “banale” poiché chiunque abbia mai tirato una fionda o un elastico per capelli avrà notato che questi oggetti hanno la tendenza a “tornare come prima”. Tuttavia, nel linguaggio scientifico, questa osservazione si traduce in una legge precisa, che porta il nome del fisico britannico *Robert*

40

https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808532794_04_CAP.pdf
f, p.14

Hooke. La legge di *Hooke* stabilisce che, entro certi limiti, l'allungamento - o la compressione - di un corpo elastico è direttamente proporzionale alla forza applicata. Questo si traduce in:

$F = k \cdot x$ dove F è la forza elastica, x è l'allungamento rispetto alla posizione iniziale e k è la costante elastica del corpo⁴¹. Questa relazione ci permette di comprendere come funziona una molla e di utilizzare tale comportamento per la costruzione di uno strumento di misura come il dinamometro. È proprio grazie alla regolarità con cui una molla, entro certi limiti, si deforma che ci consente di calibrare lo strumento e restituirci letture affidabili.

Perché è particolarmente interessante questo tipo di forza e in che modo rientra nel nostro discorso più ampio di modellizzazione?

La prima cosa che possiamo osservare è che «ci sono tanti tipi di molle con caratteristiche diverse: lunghezza, spessore, materiale di cui sono fatte. Alcune sono colorate, altre

⁴¹ Questa dipende dalla sua natura e dalla sua struttura, varia quindi a seconda del materiale a cui facciamo riferimento

sono più lisce al tatto, ciascuna fa un particolare rumore quando è lasciata cadere per terra. Di tutte le proprietà delle molle la legge di Hooke ne descrive una sola: come varia la forza elastica al variare della lunghezza. Scrivendo la legge di Hooke si trascurano molte delle caratteristiche di una molla sostituendola con un suo modello, cioè una sua descrizione schematica.»⁴²

Oltre, quindi, ad offrirci una descrizione di una “molla ideale” e ad offrirci la possibilità di essere osservata e sperimentata in modo diretto, abbiamo anche la possibilità di modellizzarla graficamente. Cosa significa? Significa che possiamo rappresentare la relazione espressa dalla legge di *Hooke* su di un asse cartesiano nel quale un asse descrive la forza e l’altro l’allungamento. Così facendo otteniamo una linea retta che esprime visivamente la proporzionalità tra le due grandezze. Questo ci permette, ancora una volta, di fare un confronto utile con altri strumenti di misura – come il

42

[file:///C:/Users/ACER/Downloads/Cap04_PaginePDF_AmaldiMela%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/Cap04_PaginePDF_AmaldiMela%20(1).pdf) p. 47

termometro – che, attraverso una scala numerica, legano un cambiamento osservabile ad un concetto astratto.

Tuttavia, come ogni modello, anche quello della forza elastica presenta dei limiti in quanto, qualora la deformazione diventasse troppo grande, il corpo potrebbe non tornare più nella sua configurazione iniziale. In questo caso parleremo di “deformazione plastica” fino ad arrivare, nei casi più estremi, alla rottura. Questo comportamento ci consente di sottolineare, ancora una volta, che le leggi della fisica hanno validità all’interno di intervalli definiti che consentono di modellizzare la realtà e dunque, non possono essere considerate immutabili e dogmatiche.

«Se un ricercatore fa un esperimento che dà un risultato diverso da quello previsto, allora il modello non è più valido nell’ambito dei fenomeni che intendeva descrivere. Gli scienziati hanno allora il compito di inventare un modello nuovo, che sia in accordo con il nuovo esperimento e con tutti gli altri fatti in precedenza. Tuttavia, il vecchio modello non va scartato, perché continua a essere valido in un ambito di

fenomeni più ristretto. I modelli scientifici non sono validi per sempre; sono validi fino a prova contraria. »⁴³

Parlare di forza elastica, dunque, non significa soltanto descrivere ciò che succede a una molla quando viene tirata o compressa, ma ci offre l'occasione per riflettere su come la scienza costruisca modelli capaci non solo di interpretare fenomeni comuni ma anche di formalizzarli.

43

[file:///C:/Users/ACER/Downloads/Cap04_PaginePDF_AmaldiMela%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/Cap04_PaginePDF_AmaldiMela%20(1).pdf) p. 48

Parte terza

Entriamo, con questo capitolo, nel vivo della ricerca.

Inizieremo con una descrizione del contesto classe attraverso la quale cercheremo di delineare la cornice all'interno della quale sono state proposte le attività. Passeremo poi ad una descrizione delle metodologie a cui è stato fatto riferimento, facendo degli accenni anche alle indicazioni nazionali. L'ultima parte sarà dedicata alla dettagliata descrizione delle attività proposte in classe.

3.1 Il contesto

Nel vasto reticolo intessuto dal Terzo Istituto Comprensivo Statale ad indirizzo musicale presente a Nocera Inferiore ci focalizzeremo, in questa sede, sulla scuola primaria presente nel plesso "S. Chiara" in particolare sulla classe 5 B, anno 2024-2025. La classe è composta da 24 alunni con una netta maggioranza di alunni maschi. Gli spazi sono ben organizzati e ogni alunno dispone di un proprio banco singolo.

A seconda della lezione che si trovano a svolgere la configurazione dei banchi viene riarrangiata secondo necessità. È presente anche una lavagna interattiva multimediale (LIM) che utilizzano quotidianamente durante le lezioni. È una classe molto vivace che risponde molto bene alle sollecitazioni, il clima è sereno e collaborativo. Le metodologie didattiche proposte dalle insegnanti, nel corso dei cinque anni, hanno dato ampio spazio alla dimensione laboratoriale ed esperienziale, soprattutto nell'ambito delle discipline scientifiche. Questo approccio ha contribuito, in modo significativo, alla creazione di un clima favorevole all'esplorazione e al confronto. Ha permesso di superare quell'iniziale senso di incertezza o esitazione che, spesso, accompagna le cosiddette "domande di ragionamento" rendendo più naturale per i bambini mettersi in gioco, ipotizzare, argomentare e costruire connessioni.

3.2 *Le scelte metodologiche*

Affinché le varie attività proposte possano risultare interessanti e coinvolgenti si punterà all'utilizzo di metodologie quali: *Cooperative learning*, *Problem-Based Learning*, *Inquiry-Based Learning*, *Technology Enhanced Active Learning*. È necessario sottolineare però che tali metodologie non verranno applicate nella loro complessità ed interezza ma verranno ripresi degli aspetti metodologici e relazionali che risultino essere pertinenti rispetto al contesto, ai tempi e all'età dei soggetti interessati.

Del *Cooperative learning* verrà ripresa la strategia di suddividere gli alunni in gruppi di lavoro in modo da favorire l'aiuto reciproco tra i pari, obiettivo è quello di creare un'interdipendenza positiva nel gruppo che permetta agli alunni di riflettere insieme sul lavoro svolto, al fine di acquisire i concetti introdotti. Ritengo interessante sottolineare che «con cooperazione si intende qualcosa di diverso da collaborazione: nel secondo caso ogni membro del gruppo lavora su ogni parte

del compito da svolgere, mentre la cooperazione prevede una divisione più strutturata dei ruoli, in cui ogni membro dà il proprio contributo in base alle proprie competenze e inclinazioni.»⁴⁴.

Del *Problem-Based Learning* e dell'*Inquiry-Based Learning* verranno ripresi quegli elementi “di ricerca” molto vicini al metodo scientifico che portano gli alunni stessi, partendo dalle sollecitazioni proposte, a formulare ipotesi da indagare.

Parliamo ora del *Technology Enhanced Active Learning Learning* (TEAL) cioè “Tecnologie per l’apprendimento attivo”. Questa metodologia, ripresa dal lavoro che ha avuto luogo nel *Massachusetts Institute of Technology* nel 2001 e 2003, «è una metodologia didattica che vede unite lezione frontale, simulazioni e attività laboratoriali su computer per un’esperienza di apprendimento ricca e basata sulla collaborazione. La classe TEAL prevede una serie di strumenti tecnologici da utilizzare in spazi con specifiche caratteristiche

⁴⁴ <https://fieradidacta.indire.it/it/blog/metodologie-didattiche/il-cooperative-learning/>

(ad es. ampiezza, luminosità, ecc.), con arredi modulari e quindi facilmente riconfigurabili a seconda delle necessità: spazi e tecnologie sono interconnessi.»⁴⁵. Per comprendere i concetti fisici è fondamentale l'uso di simulazioni sia in ambienti reali che digitali e virtuali, affinché non venga interrotto quel ciclo continuo che vi è fra sapere e saper fare. Durante le varie attività che hanno caratterizzato questo lavoro, i bambini hanno potuto utilizzare le applet presenti sul sito *phet.colorado.edu/it*⁴⁶.

L'approccio metodologico è una componente molto importante nella progettazione di un percorso educativo in quanto è proprio grazie ad una sapiente scelta dei diversi metodi che viene favorita la valorizzazione del potenziale di

⁴⁵ <https://innovazione.indire.it/avanguardieeducative/teal>

⁴⁶ Riporto qui di seguito la descrizione che possiamo leggere nel loro sito «Istituito nel 2002 dal Premio Nobel Carl Wieman, il Progetto *PhET* Simulazioni Interattive dell'Università del Colorado di Boulder crea simulazioni interattive gratuite di matematica e scienze. Le simulazioni *PhET* sono basate su ricerche didattiche estese e coinvolgono gli studenti mediante un ambiente intuitivo, ludico dove essi apprendono attraverso l'esplorazione e la scoperta.»

apprendimento di ciascun alunno e lo sviluppo della propria autonomia.

3.2.1 I riferimenti europei e nazionali

Ritengo ora necessario fare un breve approfondimento circa gli obiettivi che si intendono perseguire e le competenze da sviluppare facendo riferimento sia alle “8 competenze chiave europee” che alle “Indicazioni nazionali del 2012”.

Per quanto riguarda le competenze chiave europee facciamo principalmente riferimento alla competenza matematica e in scienze ed imparare ad imparare. La prima viene descritta come «la capacità di sviluppare e applicare il pensiero e la comprensione matematica per risolvere una serie di problemi e situazioni quotidiane. [...] La competenza in scienze si riferisce alla capacità di spiegare il mondo che ci circonda usando l'insieme delle conoscenze e delle metodologie, comprese l'osservazione e la sperimentazione,

per identificare le problematiche e trarre conclusioni che siano basate su fatti empirici, e alla disponibilità a farlo.»⁴⁷.

La seconda invece è anch'essa particolarmente pertinente rispetto ai presupposti della ricerca in quanto «vi rientrano la capacità di individuare le proprie capacità, di concentrarsi, di gestire la complessità, di riflettere criticamente e di prendere decisioni. Ne fa parte la capacità di imparare e di lavorare sia in modalità collaborativa sia in maniera autonoma, di organizzare il proprio apprendimento e di perseverare, di saperlo valutare e condividere, di cercare sostegno quando opportuno e di gestire in modo efficace la propria carriera e le proprie interazioni sociali. Le persone dovrebbero essere resilienti e capaci di gestire l'incertezza e lo stress. Dovrebbero saper comunicare costruttivamente in ambienti diversi, collaborare nel lavoro in gruppo e negoziare.»⁴⁸.

⁴⁷ CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA. *Raccomandazione del Consiglio relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente* (2018/C 189/01). Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, C189, 4 giugno 2018. p. 9

⁴⁸ *Ivi*, p. 10

Passiamo ora invece ai traguardi per lo sviluppo delle competenze presenti all'interno delle nostre Indicazioni Nazionali del 2012. Questi riferimenti ritengo siano interessanti in quanto rappresentano la “motivazione” che legittima la decisione di mettere in atto un percorso didattico/laboratoriale che non solo propone un approccio più stimolante ed interessante alle discipline ma persegue anche le finalità didattiche designate per la classe di riferimento.

Per quanto riguarda la disciplina “Scienze”, al termine della scuola primaria, sono attese tali competenze: «L'alunno sviluppa atteggiamenti di curiosità e modi di guardare il mondo che lo stimolano a cercare spiegazioni in quello che vede succedere. Esplora i fenomeni con un approccio scientifico: [...] osserva e descrive lo svolgersi dei fatti, formula domande. [...] Individua nei fenomeni somiglianze e differenze.»⁴⁹

Per la disciplina “Matematica” invece possiamo leggere: «Ricerca dati per ricavare informazioni e costruisce

⁴⁹ MIUR, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, Decreto ministeriale n° 254 del 16/11/2012, Gazzetta Ufficiale n. 30 del 5 febbraio 2013. p. 54

rappresentazioni (tabelle e grafici). [...] Costruisce ragionamenti formulando ipotesi, sostenendo le proprie idee e confrontandosi con il punto di vista di altri.»⁵⁰.

Per la disciplina “Tecnologia”: «Conosce e utilizza semplici oggetti e strumenti di uso quotidiano ed è in grado di descriverne la funzione principale e la struttura e di spiegarne il funzionamento.»⁵¹.

Passiamo ora ad una descrizione delle varie attività proposte in classe. Durante la narrazione non verrà fatta una scansione netta fra i vari incontri in quanto reputo che il lavoro assuma coerenza solo attraverso una narrazione coesa. Inoltre cercherò di restituire fedelmente sia le frasi e i dialoghi dei bambini con annesse foto dei materiali realizzati da loro.

Iniziamo.

⁵⁰ *Ivi*, p. 49-50

⁵¹ *Ivi*, p. 66

3.3 Il progetto

Il primo incontro è avvenuto il 13 Gennaio 2025. Durante questo incontro mi sono presentata e ho illustrato agli alunni quello che sarebbe stato il lavoro che avremmo svolto nel corso delle settimane. In questo discorso introduttivo ho sottolineato più volte di mettere da parte il timore e cercare di ragionare insieme in quanto *“non esistono risposte giuste o sbagliate il necessario è che voi riusciate a spiegarmi la motivazione che vi ha spinto a dare tale risposta”*⁵². Ho continuato spiegando loro che partendo dalle loro domande e affermazioni avremmo poi portato avanti le varie attività. Siamo poi entrati nel vivo della lezione e abbiamo iniziato a parlare di “calore” e “temperatura”. Ho chiesto loro cosa ne sapessero a riguardo e se potessero farmi qualche esempio legato alla loro quotidianità.

F.: *“il calore lo sentiamo dentro di noi quando ci muoviamo, facciamo educazione fisica e sudiamo”*;

⁵² Riporterò in questo modo, nel corso del paragrafo, sia le mie parole sia quelle dette dagli alunni.

A.: *“la temperatura è quella la del tempo”*;

G.: *“anche quella del termometro!”*

S.: *“la febbre”*.

In merito a questa affermazione ho chiesto se la febbre fosse intesa come calore o come temperatura.

S.: *“si mette il termometro sotto l’ascella poi si tocca la fronte ed è calda”*.

F.: *“maestra secondo me queste due cose sono collegate perché se abbiamo la febbre misuriamo la temperatura ma comunque noi siamo caldi”*.

G.: *“La temperatura può essere calda o fredda e quindi bisogna specificare perché se io dico – hai una temperatura- non significa niente invece se io dico – ho la febbre a 38- si capisce”*.

Questa affermazione mi ha colpito positivamente in quanto era un concetto che volevo emergesse ovvero quello di notare come la temperatura sia qualcosa che per essere compresa abbia bisogno di essere specificata da un numero, da un valore riconoscibile e riconosciuto. Partendo da queste suggestioni ho quindi iniziato a mettere insieme i primi concetti fondamentali: il calore è quindi qualcosa che viene prodotto dal nostro corpo,

dal sole, da una stufa; la temperatura possiamo invece riferirla ad un valore numerico e serve a capire quanto calore quel corpo emette. Ho chiesto poi loro se potessimo considerare la temperatura come qualcosa che può essere comunicato e riconosciuto in modo più “universale” rispetto al concetto di calore.

“Se io vi dico fuori fa caldo o fuori ci sono 30° c'è differenza?”

F.: “Sì maestra perché può fare caldo ma ci può essere il vento fresco o fare caldo come in estate che ci sentiamo quasi di svenire”.

C.: “Maestra io prima avevo freddo perché la finestra era aperta ma E. non voleva chiuderla perché lui stava vicino al termosifone e aveva caldo.”

Questa affermazione ci ha permesso di notare quindi che in uno stesso luogo due soggetti diversi possono percepire una sensazione di caldo o di freddo differente in base al luogo in cui sono posizionati nonostante, in linea di massima, la temperatura all'interno dell'aula possa considerarsi la stessa. Prima di proseguire ho chiesto loro di rappresentare i concetti di calore e temperatura così come li immaginano.



Figura 1. Rappresentazione da parte di F.



Figura 2. Rappresentazione da parte di A.

Abbiamo proseguito la lezione introducendo lo strumento che avremmo utilizzato e poi cercato di riprodurre: il termometro analogico. Ho diviso la classe in tre gruppi e consegnato ad ognuno di loro dei fogli bianchi ed un termometro da osservare e manipolare. Ho chiesto ad ogni gruppo di scomporre graficamente lo strumento disegnando le singole parti di cui pensavano fosse composto.



Figura 3. Rappresentazione gruppo 1

Partendo dalle rappresentazioni proposte dai vari gruppi, tutte molto simili tra loro, abbiamo iniziato a ragionare se fossero complete. E, insieme, abbiamo osservato che quello che loro avevano disegnato erano solo le parti interne all'oggetto, mancava il rivestimento esterno composto da un tubo di vetro e, nell'estremità più stretta, quello che sembra essere un materiale metallico. Li ho invitati a soffermarsi su questo particolare.

“Perché secondo voi il costruttore dell'oggetto ha deciso di mettere una punta metallica?”

D.: “Serve per proteggere il liquido? Tipo se cade non si rompe la punta e non esce tutto il liquido”

E.: *“Forse fa come il cucchiaino quando mangio il brodo, perché si fa subito caldo”*

Questa seconda affermazione mi è sembrata molto interessante e pertinente perché non solo l'alunna ha riflettuto e cercato di comprendere il principio di funzionamento ma ha fatto un collegamento con una esperienza della vita quotidiana dove, effettivamente, viene prodotto un tipo di comportamento affine a quello che ci interessa. Siamo partiti, quindi, da questa affermazione per cercare di ricostruire il principio di funzionamento e la catena di trasformazioni che spiega il funzionamento del termometro.

“Come funziona il termometro quindi? In che modo lo spieghereste a qualcuno che non ne ha mai usato uno?”

S.: *“Allora maestra si mette sotto l'ascella e aspettiamo tipo dieci minuti, il liquido sale e sappiamo se abbiamo la febbre o no”*

“Come fa il liquido a salire?”

S.: *“Sale perché fa caldo e allora si muove e poi in base a quanto è caldo si ferma sempre alla stessa tacchetta”.*

Questo ci ha consentito di introdurre il concetto di variazione volumica *“possiamo quindi dire che il volume del liquido nel*

termometro aumenta perché aumenta la sua temperatura. Ma come facciamo ad essere sempre sicuri del fatto che il termometro ci dia il risultato giusto? Se il tubicino del termometro non fosse cilindrico ma svasato sarebbe la stessa cosa?”.

Dopo aver fatto questa domanda ho chiesto alla classe se qualcuno volesse venire alla lavagna a rappresentare i due contenitori e il livello del liquido in entrambi. F. si alza e disegna sia i contenitori che le linee nel modo in cui possiamo osservare in foto dando come spiegazione *“In quello svasato cresce sia di lunghezza che di larghezza, quindi, deve essere più basso di quell’altro.”.*

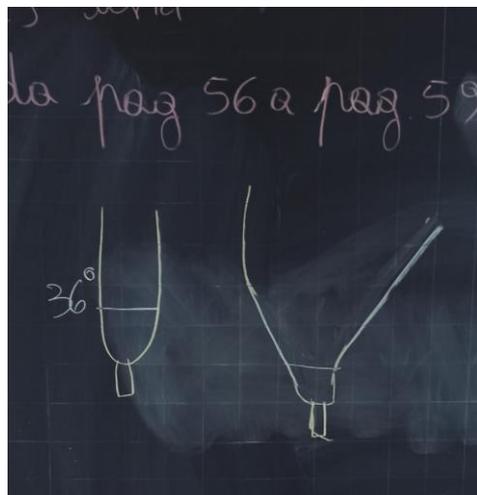


Figura 4. Disegno di F.

Prima di proseguire ho chiesto al resto della classe se fossero d'accordo, se avessero tutti bene o male capito il perché di tale comportamento. Molti però non riuscivano bene a comprendere il perché delle affermazioni del compagno. Per rendere più comprensibile quel comportamento ho proposto allora un esperimento, il quale contemplasse l'utilizzo di: un contenitore dalla forma cilindrica regolare, un contenitore svasato, un contenitore più piccolo che avrebbe avuto la funzione di "unità di misura", un pennarello e dell'acqua⁵³.



Figura 5. Contenitori.

⁵³ Tale esperimento ha avuto una duplice funzione: inizialmente ci ha consentito di comprendere come si comporta un liquido in nei due differenti contenitori e, in seguito, di capire perché la scala graduata possa essere "costruita" sul contenitore cilindrico e non su quello svasato.

Ho iniziato mostrando loro i vari contenitori che avremmo usato e quali erano le prime differenze che potevamo osservare e come li avrebbero schematizzati in un disegno.

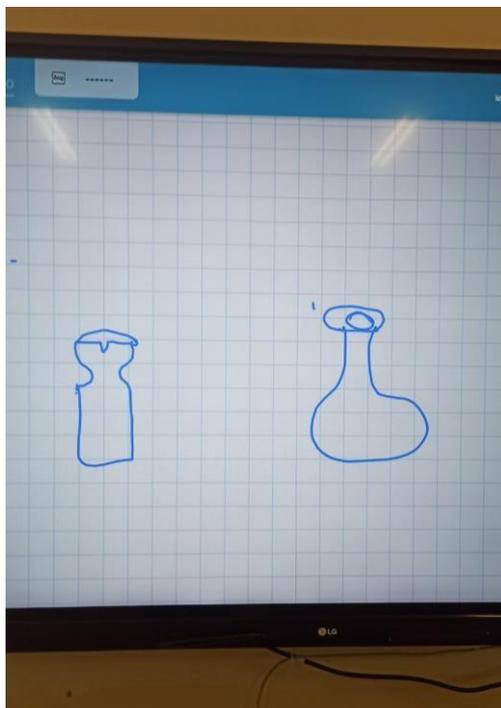


Figura 6. Schematizzazione di A.

Questo step ci ha permesso di notare quindi le regolarità presenti nel primo contenitore e la forma irregolare del secondo. Dopo ciò ho spiegato cosa avremo fatto di preciso:

utilizzando il contenitore più piccolo, dalla capienza di 10 cl, avremmo riempito man mano i due contenitori e, di volta in volta, segnato con il pennarello il livello raggiunto dall'acqua. A coppie li ho fatti avvicinare alla cattedra affinché uno potesse versare 10cl in un contenitore, 10 nell'altro, ed il secondo segnare con il pennarello il livello.



Figura 7. Contenitore cilindrico

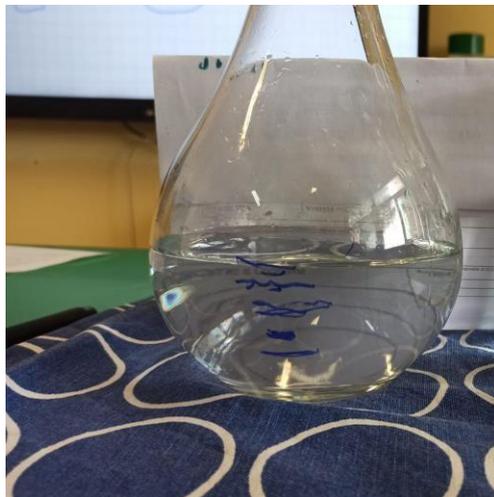


Figura 8. Contenitore svasato.

Dopo aver versato 5 “unità di misura” in ognuno dei due contenitori abbiamo osservato che se nella Figura 7 gli spazi che intercorrono tra le varie tacchette sono regolari, nella Figura 8 lo spazio tra le tacche va via via riducendosi nonostante la quantità di acqua che, di volta in volta inseriamo, rimanga invariata. Ho quindi proposto loro di riportare queste informazioni su di uno schema di assi cartesiani (questo modo di sistemare le informazioni era stato già introdotto dalle maestre della classe).

Abbiamo disegnato due grafici, uno per ogni contenitore, e messo sull’asse delle x dei segmenti a distanza regolare, ciascuno corrispondente a 10 cl (l’unità di misura di riferimento) e sull’asse delle y abbiamo riportato i segni tracciati sui contenitori ad ogni aggiunta. In foto possiamo osservare i grafici che sono venuti fuori.

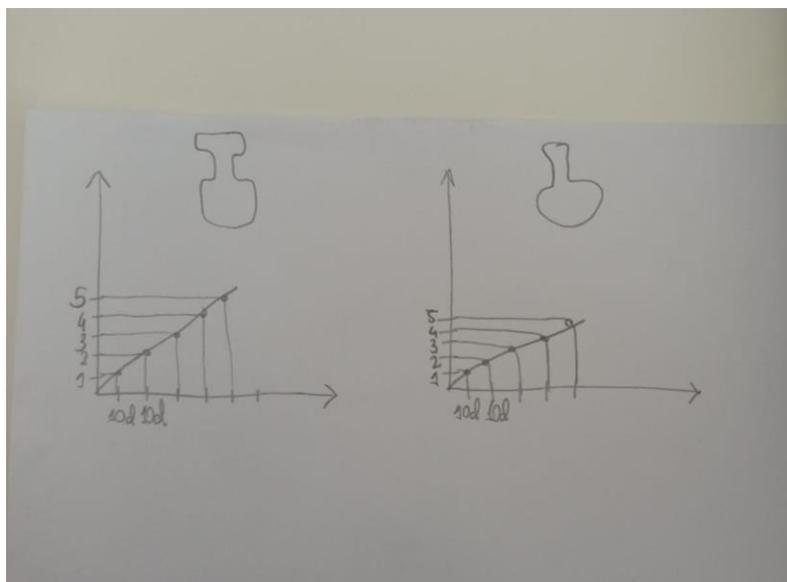


Figura 9. Grafici cartesiani.

Ho chiesto loro cosa potessero osservare in questi grafici e loro mi hanno risposto facendomi notare che nel primo *“la linea va verso l’alto, nel secondo si sposta un poco”*. Ho poi chiesto loro di immaginare come sarebbe stata la linea del primo grafico se avessimo continuato ad aggiungere acqua fino ad arrivare nella parte più stretta sia dell’uno che dell’altro. L’alunno F. si alza e propone questo grafico.

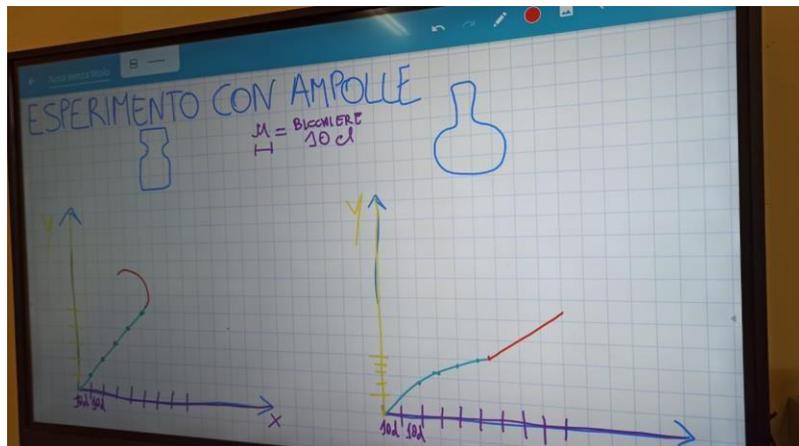


Figura 10. Proposta di grafico.

Segue il commento dell'alunno F., l'artefice della proposta: *“Allora maestra secondo me nel primo contenitore, dato che la parte curva è più stretta rispetto al secondo, se quello ha dato una linea che si curvava verso dentro, dato che è più stretto allora si deve curvare dall'altro lato. Invece quell'altro, dato che sopra è dritto come è dritto il primo contenitore sotto, allora anche quella parte deve essere dritta”*.

La spiegazione data dall'alunno è molto coerente. Basandosi sulle informazioni disponibili e confrontando non solo i grafici ma anche le forme dei contenitori, ha cercato di immaginare come potesse orientarsi il grafico cercando di problematizzare ed argomentare in modo coerente le sue

azioni. Per vedere se l'andamento del grafico fosse coerente con la proposta dall'alunno abbiamo continuato a versare acqua nei contenitori e a segnare di volta in volta il livello raggiunto dall'acqua.

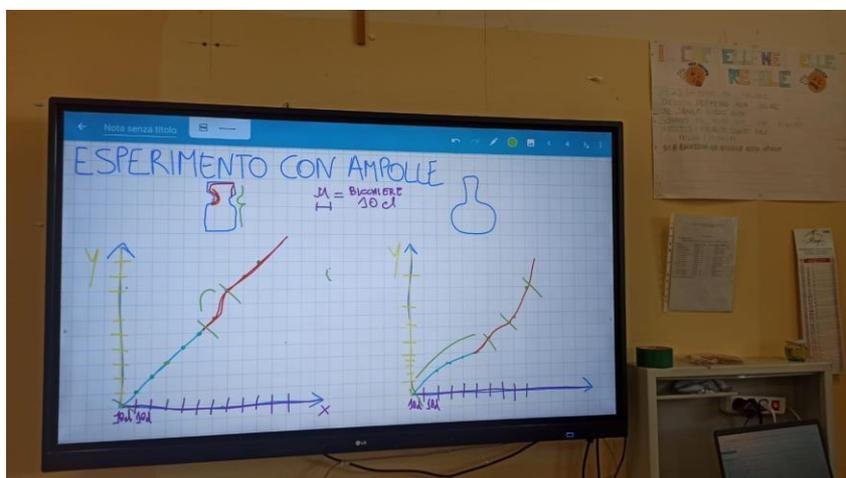


Figura 11. Grafico finale.

I grafici ottenuti, riportando i livelli raggiunti dall'acqua di volta in volta, hanno permesso di notare come il ragionamento proposto dall'alunno avesse un effettivo riscontro nella realtà.

Dopo aver tracciato i grafici abbiamo quindi osservato che finché i contenitori possiedono una forma regolare (in questo caso cilindrica), ogni volta che aggiungiamo una unità

di acqua, le tacchette che andiamo a disegnare hanno tutte la stessa distanza tra di loro. Questo vuol dire che tutti possono essere d'accordo sul fatto che ad una data tacchetta corrisponda una certa quantità di acqua. Questo invece non posso farlo con i contenitori che presentano forme irregolari in quanto, nonostante la quantità di acqua aggiunta rimanga invariata, le tacchette che ne indicano il livello vengono posizionate, di volta in volta, a distanze diverse. Ne consegue il non poter essere subito sicuro di quanta acqua ci sia all'interno. Diremo quindi che nei contenitori regolari l'aumento di acqua sarà "lineare" mentre negli altri contenitori il comportamento non presenterà delle regolarità.

Il comportamento lineare dell'acqua nel contenitore cilindrico è assimilabile al comportamento regolare del liquido termometrico all'interno del cilindro di vetro del termometro in quanto ad una certa quantità di calore del corpo corrisponde una certa temperatura.

Questo passaggio si è rivelato significativo e ha permesso a tutta la classe di comprendere perché il loro compagno, in riferimento alla Figura 4 avesse giustificato il

modo di disegnare l'ipotetico livello del liquido in quel dato modo.

Prima di passare al secondo step, mi sembra opportuno tirare le somme circa quello avvenuto fino ad ora in classe e cercare di filtrare il tutto alla luce dell'impostazione metodologica proposta nei capitoli precedenti, in particolare riguardo il pensiero covariazionale e alla modellizzazione.

In questa prima fase operativa partendo da un tema vicino alla loro esperienza personale come la temperatura e il calore quindi abbiamo cercato di darne una descrizione senza avere però la necessità di definirle nel modo più corretto possibile in quanto era più "importante" che cominciassero a notare le connessioni tra le variabili: più calore allora più temperatura, più acqua allora livello più alto. Questi sono esempi di relazione, di covariazione se vogliamo, anche se posti in modo larvale.

Una delle cose che più mi ha colpito è stato osservare come gli alunni siano stati in grado di seguire il ragionamento distaccandosi anche dal reale per iniziare a "modellizzare" i comportamenti, come nel caso dell'immaginare l'andamento del grafico. Per come è andata sento che questa prima parte sul

calore e la temperatura sia stata sufficiente a far emergere i concetti e i ragionamenti che mi ero posta come obiettivo. Non ho sentito la necessità di aggiungere altro in quanto il focus principale era non tanto quello di approfondire i concetti di calore e temperatura (che la classe aveva già approfonditamente esaminato nel primo quadrimestre) quanto piuttosto quello di ragionare sui fenomeni. Partendo da questi modi di ragionare e da queste pratiche ci avviamo, ora, verso la seconda parte di questo percorso. Questa è legata ad un fenomeno diverso, quello dell'allungamento delle molle, che, come vedremo, ci darà la possibilità di ritornare sul concetto di covariazione, di confronto tra grandezze e di costruzione di un modello per molti versi affine al primo.

Parliamo quindi ora di ciò che è accaduto nella seconda fase.

Questa ha avuto luogo in aula e abbiamo iniziato prima con la manipolazione di oggetti per poi passare all'utilizzo del laboratorio virtuale *Phet*.

Rispetto le lezioni precedenti, questa volta non ho iniziato facendo premesse circa l'argomento che avremmo

affrontato. La prima attività svolta è stata l'osservazione e la manipolazione di elastici. Suddivisi in coppie, ho dato a ciascuna di queste degli elastici.

Dopo qualche minuto di manipolazione libera, il clima era vivace e curioso. C'era chi allungava gli elastici il più possibile, chi li annodava tra loro, chi li faceva "saltare" come fossero piccole fionde.



Figura12. Molle annodate

Non ho dato indicazioni precise in quanto il mio intento era quello di osservare e lo facevo con attenzione. Quando ho chiesto se qualcuno si sentisse pronto a raccontare cosa avesse notato, le mani si sono alzate subito, piene di entusiasmo.

D.: “Maestra, se tiro tanto l’elastico il colore cambia, diventa più chiaro!”

G.: “A me sembrava che più lo allungavo, più diventava duro da tirare!”

E.: “Sì è vero maestra ma poi faceva pure male alla dita, io tiravo e pure lui tirava me”

F.: “Più elastici metto e più difficile diventa muoverli”

Da queste osservazioni, apparentemente semplici, sono emersi spunti molto ricchi. Ho provato a riformulare alcune delle loro parole, portandoli a ragionare su cosa potesse significare “più duro” o “più forte”, e se questo potesse avere a che fare con la forza.

A quel punto ho proposto loro di provare a misurare. Ma prima di introdurre il dinamometro, ho chiesto:

“Secondo voi come si può capire quanta forza serve per allungare un elastico?”

Le risposte sono state varie:

E.: “Possiamo guardare quanto si allunga!”

D.: “Possiamo usare il righello per vedere quanto si allunga”

F.: “O possiamo contare con le dita... tipo: uno, due, tre... e vedere quando si ferma!”

Abbiamo deciso quindi di partire proprio da questi suggerimenti. Ogni coppia ha preso un elastico e ha iniziato a misurare l'allungamento usando sia le dita che un righello: tiravano l'elastico con due mani e osservavano quanto riuscivano ad allungarlo. Sicuramente questo non è il modo più accurato, è impreciso ma decisamente funzionale soprattutto per iniziare a porre l'attenzione sulla relazione tra sforzo e deformazione.

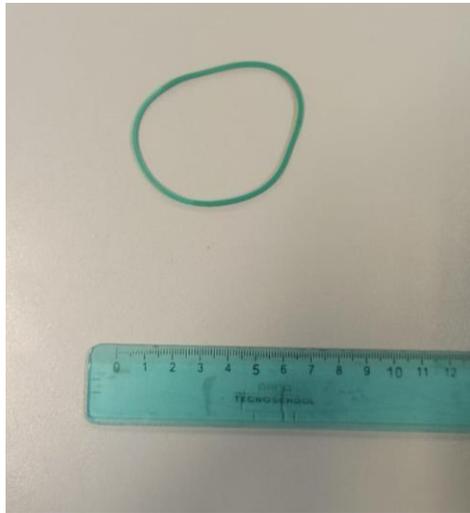


Figura 13. Elastico non deformato

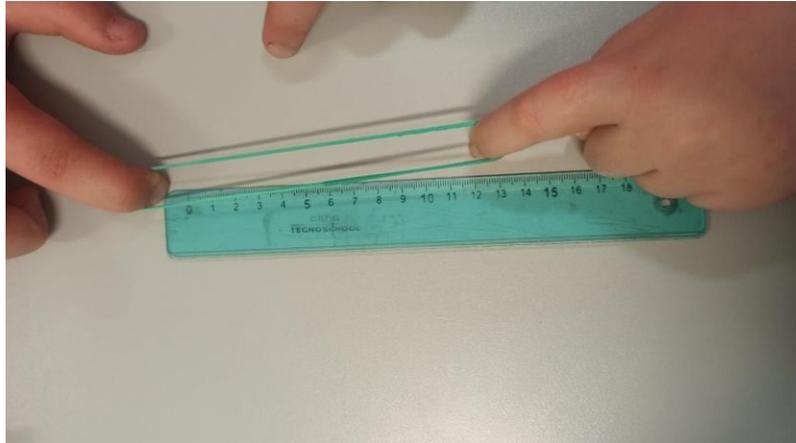


Figura 14. Elastico deformato

Dopo questa prima fase abbiamo introdotto il dinamometro.
Abbiamo rifatto la stessa prova, ma questa volta cercando di “riprodurre” lo stesso allungamento, misurando però la forza necessaria.

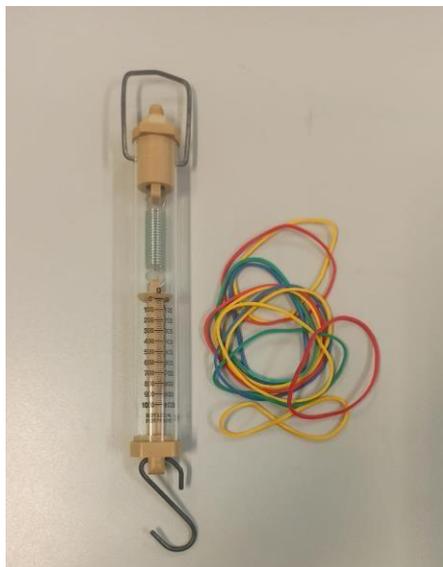


Figura 15. Dinamometro con molle

Prima di utilizzarlo abbiamo osservato lo strumento e, come per il termometro, dopo una attenta osservazione, ne abbiamo individuato i componenti.

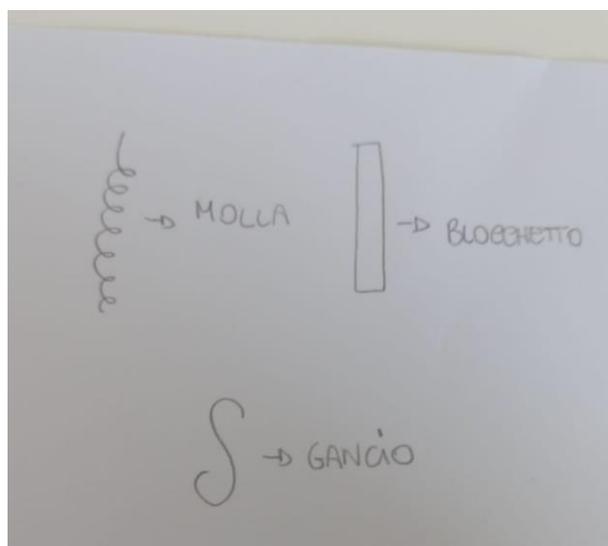


Figura 16. Componenti

Ho mostrato questa rappresentazione fatta dall'alunna E. alla classe e subito hanno notato come in realtà mancasse qualcosa.

F.: *“Maestra manca il tubo trasparente esterno e i numeri sopra”*

D.: *“Maestra ma perché ci sta scritto grammi sopra? Che significa? Quando abbiamo usato il termometro anche la c'erano dei numeri però erano gradi quindi era giusto”*

Domanda molto interessante, effettivamente se il termometro permette di associare un valore alla temperatura in modo coerente rispetto anche al linguaggio che quotidianamente viene utilizzato, con il dinamometro invece entriamo in una modalità di “modellizzazione” molto meno intuitiva, soprattutto per dei bambini.

Come fare allora per spiegare loro perché la forza si misura in grammi?

Ho iniziato dicendo loro di ragionare insieme sul perché quei numeri rappresentino i grammi.

“Abbiamo detto che il dinamometro serve per misurare la forza. Ma che cosa è la forza?”

S.: “Maestra la forza è quella dei muscoli, se sei molto forte puoi spostare cose molto pesanti”

“Molto bene, quindi siamo tutti d’accordo che solitamente la forza, soprattutto quella dei nostri muscoli, viene usata per spostare cose, per spingere oggetti. Ma solo gli oggetti pesanti? Non serve forza anche con le cose leggere?”

F.: “Maestra la forza la usiamo sempre perché se una cosa è leggera non vuol dire che non serve, significa solo che non facciamo tanto sforzo”

Questa osservazione di F. è molto importante, perché mostra come stiano iniziando a comprendere come la forza non sia un “tutto o niente”, ma qualcosa che può esserci in misura maggiore o minore, anche quando non ce ne accorgiamo. Proprio come con la temperatura: sentiamo il freddo o il caldo in modo diverso, ma la misura ci aiuta a essere più precisi. Allo stesso modo, i grammi scritti sul dinamometro non indicano un peso vero e proprio, ma ci aiutano a immaginare quanta forza serve per sollevare un oggetto. E questa è una forma di modellizzazione.

A quel punto, D. interviene con una di quelle domande che fanno capire che qualcosa sta cominciando a muoversi nella testa dei bambini: *“Quindi maestra ci sono i grammi perché ci dice quanta forza ci vuole per sollevare oggetti leggeri?”*

Mi sono fermata un attimo, perché in quella frase c’era già molto. I bambini stanno lentamente comprendendo che la misura sul dinamometro – pur usando una parola familiare come “grammi” – non è una misura del peso in sé, ma un modo per modellizzare quanta forza serve a contrastarlo.

È un passaggio sottile ma importante, che non si risolve tutto in una lezione. Richiede tempo, confronto, tentativi. Ma questa

domanda, così ben formulata, mi ha fatto capire che ci stavamo avvicinando all'idea che la forza non è qualcosa che si vede, ma qualcosa i cui effetti si possono misurare.

Nel passaggio successivo, abbiamo cercato di mettere in relazione l'allungamento dell'elastico con i valori letti sul dinamometro.

Già in questa fase era evidente come l'esperienza concreta e manipolativa, avesse attivato nei bambini non solo la curiosità, ma anche un primo senso di sistematicità. Stavano cominciando a cercare una regolarità, un "perché", un modo per dare forma a ciò che osservavano.

A questo punto ho deciso di raccogliere le loro osservazioni provando a metterle in ordine. Insieme abbiamo cercato di capire: *Cosa cambia quando allunghiamo l'elastico? E Cosa succede se applichiamo più forza?*

Qualcuno ha detto: *"Se tiro di più, si allunga sia l'elastico che la molla"*. Un altro ha ribattuto: *"Però dipende da quanti elastici tiri. Se ne metti tanti insieme diventa più difficile"*.

Già in queste semplici frasi si intuiva un primo tentativo di ragionamento relazionale: i bambini cominciavano a percepire che tra forza e allungamento c'era un legame, ma che questo

legame non era sempre lo stesso, e dipendeva anche dall'oggetto su cui si interveniva.



Figura 17. Allungamento elastico singolo.

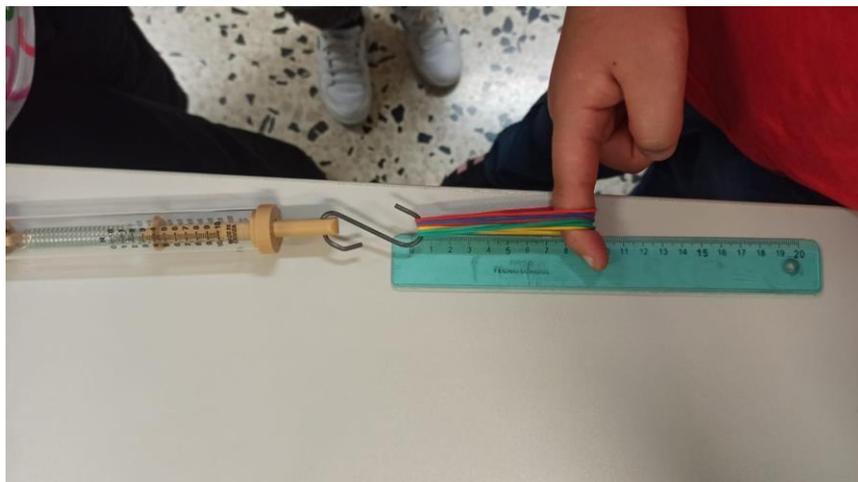


Figura 18. Allungamento di più elastici messi insieme

Con questo primo esercizio abbiamo osservato che ci vuole meno sforzo per produrre una forza di 400 grammi tirando un solo elastico che tirandone molti di più insieme. Da questo abbiamo dedotto che più è spesso l'elastico più forza avremmo dovuto impiegare per determinare lo stesso allungamento.

Abbiamo testato questa osservazione anche nel laboratorio virtuale *Phet*. Il passaggio al virtuale è stato accolto con un misto di curiosità e sospetto. Alcuni erano affascinati dalla grafica, altri erano un po' diffidenti: “*Ma è un gioco?*”, “*Ma è tutto finto?*”.

Queste domande mi sono sembrate fondamentali: stavano già iniziando a interrogarsi sul rapporto tra realtà e simulazione, su cosa rende “valida” un'esperienza anche se non è tangibile.

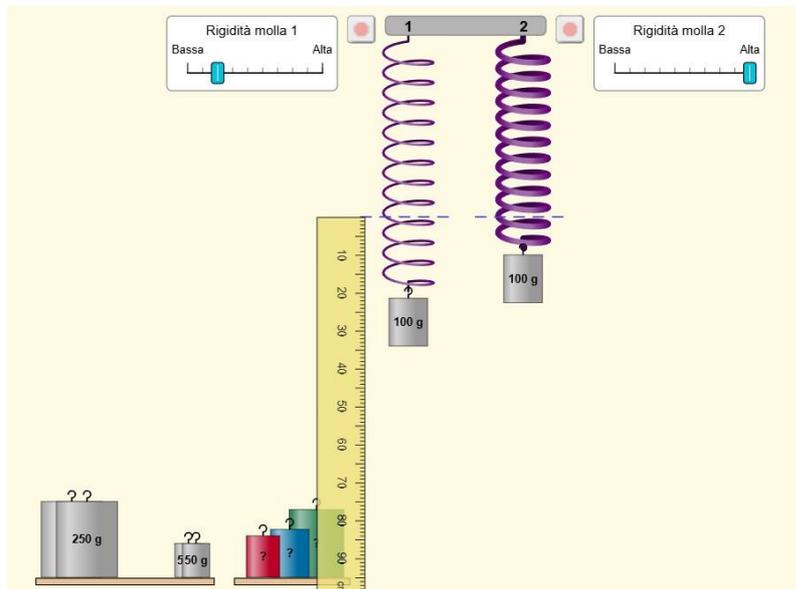


Figura 19. Stesso peso, allunamenti diversi.

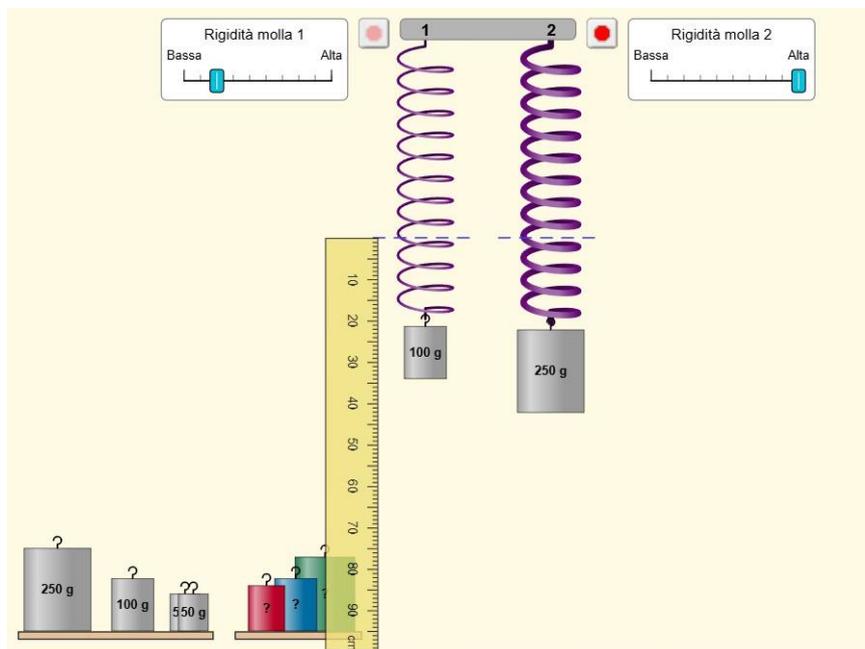


Figura 20. Pesi differenti, allungamenti analoghi.

Grazie a questa simulazione virtuale abbiamo potuto notare come due elastici⁵⁴ differenti, uno più “sottile” e l’altro più “doppio” a parità di peso si allungano in modo differente mentre se io volessi avere lo stesso allungamento su entrambi allora è necessario applicare una forza (un peso) maggiore.

Era chiaro che stavano iniziando a collegare le sensazioni corporee a qualcosa di più astratto e misurabile. Da qui è nato un confronto interessante tra la forza delle dita e la lettura sul dinamometro: era come dare un numero a qualcosa che prima era solo “sentito”.

Questa transizione – dal corpo all’astrazione, dal vissuto al misurabile – è stata lenta, ma molto significativa. Non era importante essere precisi o corretti: era importante costruire insieme un linguaggio, una modalità condivisa per descrivere ciò che accadeva. Un primo passo verso la modellizzazione.

Abbiamo allora deciso di provare a misurare con più sistematicità. Ogni coppia con elastico e dinamometro ha iniziato a registrare valori di forza associati ai rispettivi

⁵⁴ Piccola precisazione, abbiamo utilizzato il termine molla ed elastico come sostituti l’uno dell’altro.

allungamenti. Ho chiesto loro di scrivere tutto su un foglio, anche se in modo molto libero. La cosa importante era che cominciassero a vedere una relazione e a costruire una forma di rappresentazione, anche imperfetta, del fenomeno.

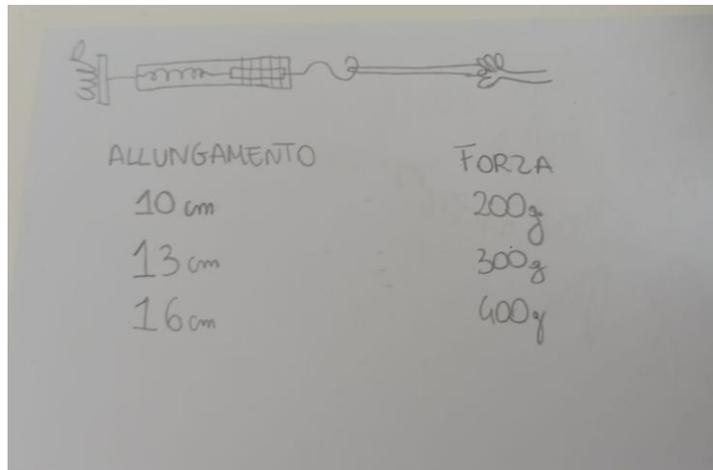


Figura 21. Rappresentazione dei valori di forza associati ai rispettivi allungamenti

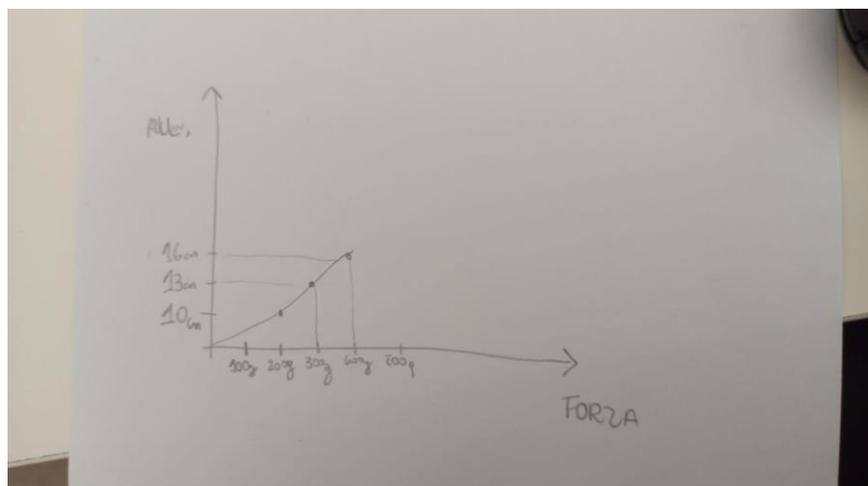


Figura 22. Grafico cartesiano con i risultati ottenuti in fig21

“Maestra è uscito fuori il grafico come quello che abbiamo fatto l’altra volta!”

Questa fase si è rivelata estremamente fertile: si è creata una dinamica di ricerca condivisa, in cui la ricerca di connessioni, la modellizzazione, non era più qualcosa da spiegare a posteriori, ma qualcosa che emergeva, piano piano, dal loro stesso agire.

E io, in quel momento, ho sentito con forza che la strada che avevamo intrapreso - lenta, piena di deviazioni ma profondamente autentica – era proprio quella che volevo continuare a percorrere.

Dopo aver costruito insieme i primi grafici, ho lasciato che ciascun gruppo provasse a interpretarli. Alcuni notavano subito che la linea “saliva”, altri dicevano che “andava sempre più su dritta”, altri ancora facevano fatica a leggere il piano cartesiano, ma riuscivano comunque a cogliere che “più forza metti, più si allunga”. Ho provato a rilanciare:

“Secondo voi, se continuassimo ad aumentare la forza, l’elastico si allungherebbe all’infinito?”

Qualcuno ha scosso la testa con convinzione: *“No, a un certo punto si rompe!”*.

Un altro ha aggiunto: *“O magari si allunga sempre meno... come la molla del mio astuccio, che ormai è tutta molle!”*.

In queste osservazioni c'era già molto: l'idea di limite, di resistenza del materiale, di trasformazione non reversibile.

In quelle linee, nei loro disegni storti ma pensati, nelle mani impacciate che cercavano di tenere il righello fermo, ho visto il cuore della modellizzazione: il desiderio di dare forma a qualcosa che nella realtà accade, che si può osservare, ma che solo nella rappresentazione diventa leggibile, comunicabile, pensabile.

Non era importante che il grafico fosse corretto dal punto di vista tecnico, o che sapessero nominare con precisione le grandezze in gioco. Quello che contava era che stavano costruendo una propria idea di modello, che riconoscevano in esso uno strumento utile per spiegare e per prevedere.

Passiamo ora alla parte più complessa forse ma sicuramente importante. Quella nella quale abbiamo cercato di

capire perché questi due comportamenti sono affini tra di loro? Per quanto la risposta sia rintracciabile all'interno di tutto il percorso vale comunque la pena riavvolgere il filo rosso per averne una visione a 360°.

Quale è il modello che volevamo costruire? L'obiettivo principale era quello di avere chiaro il concetto che i cambiamenti vengono determinati da fattori che variano insieme e queste variazioni ci consentono non solo di avere informazioni circa le forze che sono in gioco ma anche sul comportamento dei corpi che vengono sottoposti a tali forze. Tutto questo ai bambini è diventato chiaro nello svolgersi delle attività e questo mi è parso sempre più palese in quanto le domande che nel corso delle lezioni hanno posto, sono diventate sempre più acute e pertinenti. Quasi la ricerca di schemi fosse divenuta intrinseca del loro di approcciarsi.

3.4 La valutazione

Che cosa si intende per valutazione?

Il termine deriva dal latino “valere” che significa “dare un prezzo”, “stimare”. Cercando di dare un senso a questi termini si può concludere che la valutazione sia un processo che permette di attribuire valore riguardo una determinata azione o un determinato evento.

«Più che parlare di valutazione sarebbe più opportuno parlare di *valutazioni*, in quanto ogni progetto educativo può essere valutato usando criteri diversi»⁵⁵. «Sul piano descrittivo, la valutazione è impegnata in una operazione di verifica»⁵⁶ tanto della successione delle varie fasi del progetto, al fine di ricalibrarle, quanto del raggiungimento dei risultati attesi. «Sul piano normativo, la valutazione [...] si fa operazione

⁵⁵ SIMONA MODICA, *Costruire strumenti per la valutazione dei progetti educativi*, in R. Cerri, *Valutare i progetti educativi. Percorso di riflessione verso una mentalità valutativo-progettuale*, Franco Angeli, Milano 2004, p. 165

⁵⁶ SARA NOSARI, *Capire l'educazione. Lessico, contesti, scenari.*, Mondadori Università, Milano 2013, p.181

impegnata nell'attribuire un senso e un valore educativi tanto alle fasi quanto ai risultati»⁵⁷.

E, ancora, nelle Indicazioni Nazionali possiamo leggere: «la valutazione precede, accompagna e segue i percorsi curricolari. Attiva le azioni da intraprendere, regola quelle avviate, promuove il bilancio critico su quelle condotte a termine. Assume una preminente funzione formativa, di accompagnamento dei processi di apprendimento e di stimolo di miglioramento continuo. [...] La promozione insieme di valutazione e autovalutazione costituisce la condizione decisiva per il miglioramento delle scuole e del sistema di istituzione poiché unisce il rigore delle procedure di verifica con la riflessione dei docenti.»⁵⁸.

La valutazione quindi «non va concepita soltanto come un momento finale ma deve essere vista come una misura di

⁵⁷ *Ibidem*

⁵⁸ MIUR, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, Decreto ministeriale n° 254 del 16/11/2012, Gazzetta Ufficiale n. 30 del 5 febbraio 2013. p. 13-14

monitoraggio dell'andamento complessivo del progetto, dall'inizio alla fine, in vista del raggiungimento di obiettivi precedentemente determinati»⁵⁹.

Proprio per questo la valutazione è concepita intrecciata alla progettazione didattica o, per meglio dire, «la valutazione sottende ogni attività progettuale»⁶⁰.

Poter misurare i risultati della pratica educativa presenta, però, delle criticità. Tali criticità dipendono non solo dal rigore degli strumenti che si scelgono di utilizzare ma anche, e soprattutto, dalla soggettività dell'individuo che si occupa di fare tale valutazione. «Questo elemento della soggettività non sminuisce o compromette la validità del processo di valutazione: il giudizio è da riconoscere come la massima espressione delle capacità dell'uomo. [...] Non si tratta – quindi- di eliminare l'elemento soggettivo, ma di

⁵⁹ CAPPERUCCI, *Dalla programmazione educativa e didattica alla progettazione curricolare*, Milano, Franco Angeli Editore, 2008

⁶⁰ SIMONA MODICA, *Costruire strumenti per la valutazione dei progetti educativi*, in R. Cerri, *Valutare i progetti educativi. Percorso di riflessione verso una mentalità valutativo-progettuale*, Franco Angeli, Milano 2004, p. 165

educarlo affinché operi con la massima serietà e con la massima responsabilità, consapevoli del fatto che il giudizio non ha in sé la garanzia di aver scelto la soluzione migliore (ma l'educazione non è azione di garanzia!)».⁶¹

Tutta questa riflessione sulla valutazione ha rappresentato per me un punto di riferimento costante nel lavoro in classe. Fin da subito ho cercato di non viverla come un momento esterno o separato dalla progettazione, ma come qualcosa di profondamente intrecciato all'azione educativa stessa. Valutare, in questo senso, ha significato fermarsi a guardare cosa stava succedendo, provare a cogliere i movimenti del pensiero degli alunni e leggere tra le righe delle loro parole, dei loro disegni, dei loro gesti.

Durante tutto il percorso non ho mai pensato alla valutazione come a un giudizio da esprimere “alla fine”, quanto piuttosto come a un accompagnamento quotidiano, un modo per stare dentro al processo, per ascoltare e, quando necessario,

⁶¹ SARA NOSARI, *Capire l'educazione. Lessico, contesti, scenari.*, Mondadori Università, Milano 2013, p.182

ricalibrare. Ogni volta che un alunno faceva un'osservazione, che prendeva posizione in una discussione, che provava a rappresentare un'idea attraverso un disegno o un grafico, quello era per me un momento valutativo. Non perché stessi assegnando un voto, ma perché stavo leggendo, dentro quell'azione, un segnale del suo modo di pensare, delle sue connessioni, dei suoi tentativi.

In questo senso, la valutazione si è mossa lungo due direzioni: da un lato, mi ha permesso di capire come procedere, quali passi fossero stati interiorizzati e quali andassero ancora sostenuti o chiariti; dall'altro, mi ha messa nella posizione di poter riconoscere e dare valore ai processi di ciascuno, anche - e soprattutto- quando non erano "lineari" o immediatamente "corretti". Alcune delle intuizioni più ricche sono nate da errori o da spiegazioni "storte", che però aprivano mondi.

È qui che il pensiero modellizzante e quello covariazionale - di cui ho parlato nei primi capitoli - diventano "criteri valutativi". Non vengono intesi in modo rigido, ma piuttosto come lenti attraverso cui osservare e interpretare i ragionamenti dei bambini. Mi sono chiesta spesso: stanno

provando a mettere in relazione due grandezze? Stanno cercando un modo per rappresentare ciò che cambia, e come cambia? Stanno costruendo una loro spiegazione del fenomeno? Anche se le parole non sono sempre esatte, anche se i concetti non sono ancora maturi, in molti casi la direzione era proprio questa. E questo, a mio avviso, andava riconosciuto e valorizzato.

Conclusioni

Scrivere questa tesi è stato per me un modo per fermarmi, per riguardare tutto ciò che ho vissuto in classe con occhi più lucidi e provare a restituire un senso al tutto. L'atto del narrarsi e del narrare ha rappresentato per me non solo un mero esercizio di documentazione, ma, soprattutto, un modo per fare chiarezza sul mio modo di intendere l'insegnamento e sulla strada che vorrei percorrere.

Il percorso sviluppato all'interno di questa tesi si è configurato come una ricerca aperta, dinamica e profondamente radicata nell'esperienza concreta dei bambini. L'obiettivo non era "insegnare la fisica" nel senso tradizionale, ma creare le condizioni affinché gli alunni potessero familiarizzare con il pensiero scientifico attraverso l'osservazione, l'ipotesi, la sperimentazione e il ragionamento.

Attraverso l'esplorazione di due fenomenologie — l'innalzamento del liquido in un termometro in risposta al calore e l'allungamento di una molla a seguito dell'applicazione di una forza — si è cercato di indurre nei bambini una forma iniziale di pensiero covariazionale. Il lavoro

svolto ha dimostrato che è possibile, già nella scuola primaria, avviare ragionamenti su come due grandezze fisiche varino in modo interdipendente, e come tali variazioni possano essere osservate, registrate e rappresentate in forma grafica.

Le attività proposte — dalle rappresentazioni grafiche dei contenitori alla costruzione di modelli concettuali attraverso l'utilizzo di termometri e dinamometri — hanno offerto ai bambini la possibilità di passare dall'osservazione empirica alla costruzione di modelli esplicativi. Questo processo ha stimolato la riflessione, il confronto tra ipotesi, la verbalizzazione dei fenomeni e la consapevolezza che dietro ogni osservazione si cela un sistema di relazioni.

Dal punto di vista metodologico, l'impiego di strategie come il cooperative learning, l'inquiry-based learning e l'utilizzo di ambienti virtuali (come il laboratorio Phet) ha permesso di costruire un ambiente di apprendimento autentico, in cui il sapere non è trasmesso, ma co-costruito. I bambini hanno avuto modo di sentirsi parte attiva del processo, non solo apprendendo, ma anche costruendo strumenti di comprensione del reale.

La sperimentazione ha confermato che l'introduzione di concetti scientifici, se mediata attraverso esperienze significative e vicine al vissuto degli alunni, non solo è possibile, ma anche fortemente auspicabile. Ha inoltre dimostrato che i bambini possiedono una naturale inclinazione alla curiosità e alla ricerca di significato, che va coltivata con attenzione e rispetto per i loro tempi e modi di apprendimento.

Questo lavoro non intende proporsi come un modello concluso e replicabile, ma come un'apertura: un invito a guardare all'insegnamento delle scienze non come a una trasmissione di formule e definizioni, ma come a un viaggio condiviso alla scoperta delle relazioni che tengono insieme il mondo. Un viaggio che inizia nella scuola primaria, ma che — se ben orientato — può accompagnare gli alunni per tutta la vita.

Mi piacerebbe, quindi, che ciò che ho provato a costruire in questo percorso non restasse qualcosa di isolato o legato soltanto a un'esperienza circoscritta nel tempo. Vorrei, invece, che diventasse un punto di partenza, una sorta di bussola per orientarmi anche nelle mie future classi.

Non penso, certo, che esista un modello replicabile, né che ogni situazione sia uguale all'altra. Ma credo che si possa portare con sé un certo sguardo, una certa cura.

Mi auguro di continuare a progettare attività che lascino spazio ai bambini di esplorare, immaginare, ma, soprattutto, di mettere e mettersi in discussione. Di non dimenticare quanto sia importante rallentare, sostare nei momenti di incertezza, accogliere i dubbi senza la fretta di risolverli. Ancora una volta, non posso che far riferimento alle parole di Emma Castelnuovo, in particolare quando invita chi comincia ad insegnare a «non avere mai fretta! Tutti pensano al programma ma io dico: non è importante svolgere per forza tutto il programma. L'importante è che tutti capiscano, che fra loro gli studenti si possano aiutare. Non si deve andare avanti finché l'ultimo non ha capito.»⁶²

Vorrei continuare a credere che, qualsiasi sia il contesto nel quale mi troverò ad operare, sia possibile costruire ambienti

⁶² CASTELNUOVO EMMA, *L'officina matematica. Ragionare con i materiali*, come gioco, Edizioni La Meridiana, Molfetta (BA), 2008, p.151

di apprendimento nei quali i bambini possano sentirsi visti, ascoltati, e, soprattutto, dove il loro pensiero – per quanto parziale, incerto, in costruzione – abbia un posto legittimo. So che questo richiederà tempo, flessibilità, fatica. Ma è una fatica che accetto volentieri, perché riconosco il valore di quel piccolo scarto che si crea quando un bambino, messo nelle condizioni giuste, riesce a vedere qualcosa che prima non vedeva.

In fondo, questa tesi è anche un promemoria per me stessa: per non smettere di farmi domande, per continuare a osservare con attenzione, per cercare sempre di costruire una didattica che metta davvero al centro le persone, con le loro storie, i loro ritmi, i loro modi unici di stare al mondo.

E, forse, è proprio questo che spero di portare con me, ovunque andrò.

In questi mesi ho provato a tenere insieme teoria e pratica, progettazione e improvvisazione, intenzione e ascolto. Ho cercato di costruire situazioni di apprendimento che avessero al centro il pensiero dei bambini, la loro capacità di osservare, immaginare, argomentare, rappresentare. Ho cercato di avere cura del tempo, delle domande, dei materiali. Ma

soprattutto, ho provato a fare in modo che ogni attività avesse senso per chi la viveva.

La cornice teorica che ho scelto – centrata sulla modellizzazione e sul pensiero covariazionale – mi ha aiutata a guardare i fenomeni con più profondità e a leggere i ragionamenti dei bambini con occhi diversi. Non si trattava solo di “capire” o “non capire” un concetto, ma di vedere come si costruisce un’idea, come si trasforma, quali strumenti servono per sostenerla. In questo senso, anche la valutazione ha assunto una forma nuova: non più solo verifica, ma racconto, osservazione attenta, occasione per valorizzare i processi, anche quelli parziali, incompleti, ma autentici.

Credo che una didattica significativa si giochi proprio qui: nello spazio in cui l’insegnante progetta con cura ma lascia spazio all’imprevisto, in cui accompagna ma non guida troppo, in cui osserva per capire, non per controllare. È uno spazio fragile, fatto di equilibri sottili, ma anche di grande ricchezza.

Porto via da questa esperienza l’idea che l’insegnamento, se vuole essere davvero educativo, debba accettare di essere un processo vivo, in continuo divenire, capace di accogliere le domande, i dubbi, le intuizioni e i

tentativi – anche quelli che non vanno a segno – come parte essenziale del percorso. E che il nostro compito, come insegnanti, non sia tanto quello di fornire risposte, quanto quello di creare le condizioni perché le domande possano nascere, e crescere.

E allora mi chiedo: come fare a non perdere questa tensione? Come custodire tutto questo quando inizieranno le corse, le urgenze, le carte da compilare, i “devi fare”, i “hai fatto”?

Forse non c'è una risposta unica, forse la risposta è tutta lì, in mezzo alle pieghe delle giornate. In una pausa presa per ascoltare davvero. In uno sguardo incrociato al momento giusto. In una domanda lasciata in sospeso, senza il bisogno di chiuderla subito.

Forse la risposta sta nello scegliere, ogni giorno, anche solo una volta, di restare fedele a quello sguardo che ho provato ad allenare: uno sguardo che non va di fretta, che si ferma, che si prende cura. Uno sguardo che non dà per scontato quello che succede in classe, anche quando sembra “niente”. Perché, spesso, è proprio in quel niente che si nasconde qualcosa.

Mi piace pensare che la scuola possa essere ancora un posto dove accadono cose che non ti aspetti. Dove si cambia idea. Dove si sbaglia, e va bene così. Dove si può rallentare, anche solo un po'.

Un posto dove i bambini possano sentirsi liberi di dire “non lo so”, senza paura. E magari, da lì, partire. Perché il non sapere, accompagnato dalla voglia di scoprire è la parte fondamentale del processo educativo e didattico.

So che non sarà sempre così ma spero – davvero – di riuscire, nei momenti di sconforto, a tornare con la mente a questo tempo. Alle voci dei bambini, ai loro silenzi pieni di pensieri, a quando i loro occhi si accendevano per qualcosa che avevano appena scoperto.

Spero di ricordare perché ho scelto questa strada: per provare a costruire qualcosa che avesse senso, che fosse vivo, che somigliasse a noi.

E allora sì, se devo dire cosa porto via da questa esperienza, non sono tanto risposte, né modi prescrittivi.

Porto via un modo di essere, sia in classe, con i bambini, che con me stessa. Un modo fatto di ascolto, di presenza, di piccoli gesti quotidiani che, messi insieme, fanno la differenza.

E, forse, è proprio questo che spero di non dimenticare: che insegnare – almeno per me – è stare dentro un processo che si muove, che cambia, e che a volte disorienta. Ma che, se lo si abita con attenzione, può davvero diventare un luogo in cui tutti – bambini e adulti – possono imparare a guardare un po' più lontano. Anche solo di un passo.

E questo passo, comunque vada, vale sempre la pena compierlo.

Bibliografia

- AMALDI UGO, *L'Amaldi per i licei scientifici. blu seconda edizione Meccanica e Termodinamica vol. I*, a cura di Melegari, Joli, Carboneschi, Zanichelli Editore S.p.A., Bologna, 2015.
- ANNUNZIATA, ANNARITA & BALZANO, EMILIO & ARTIANO, GIANCARLO. (2022). *La Sperimentazione nella Didattica della Fisica a Scienze della Formazione Primaria a Napoli. Experimentation in the Physics Teaching course for the Preparation of Primary School teachers in Naples.* 10.1393/gdf/i2022-10472-6.
- BERTHOZ ALAIN, *La semplicità*, Codice Edizioni, Torino, 2011.
- CAPPERUCCI, *Dalla programmazione educativa e didattica alla progettazione curricolare*, Milano, Franco Angeli Editore, 2008

- CASTELNUOVO EMMA, *L'officina mat3mat1ca. Ragionare con i materiali, P come gioco*, Edizioni La Meridiana, Molfetta (BA), 2008.
- CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA. *Raccomandazione del Consiglio relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente* (2018/C 189/01). Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, C189, 4 giugno 2018.
- GALIMBERTI UMBERTO, *Parole nomadi*, Giangiacomo Feltrinelli Editore, Milano, 2020
- M. ARCÀ, PAOLO GUIDONI, *Guardare per sistemi, guardare per variabili. Un approccio alla fisica e alla biologia per la scuola dell'obbligo*, Progetto strategico tecnologie e innovazione didattica, CNR- Roma, Novembre 1986

-

- MERLEAU-PONTY, M., *Phénoménologie de la perception*, 1945 – ed. it. Bompiani)
- MIUR, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, Decreto ministeriale n° 254 del 16/11/2012, Gazzetta Ufficiale n. 30 del 5 febbraio 2013.
- PLATONE, *Mito della Caverna* tratto da “Repubblica”, VII [514a – 517c]:
- PLATONE, *Opere*, vol. II, Laterza, Bari, 1967
- SARA BAGOSSI, SILVIA BELTRAMINO, FEDERICA FERRETTI, CHIARA GIBERTI, EUGENIA TARANTO, *Varia tu che covario anch'io. Riflessioni e progettazioni sul pensiero covariazionale*, prefazione di Ferdinando Arzarello, Ledizioni LediPublishing, Milano, 2023.

- SERGIO ROSSI, *Prime lezioni di fisica*, Instant junior, GRIBAUDO – IF – Idee editoriali Feltrinelli srl, 2023.
- UMBERTO ECO, *Opera aperta. Forma e indeterminazione nelle poetiche contemporanee*, Milano, Bompiani, 1962.
- SIMONA MODICA, *Costruire strumenti per la valutazione dei progetti educativi*, in R. Cerri, *Valutare i progetti educativi. Percorso di riflessione verso una mentalità valutativo-progettuale*, Franco Angeli, Milano 2004
- SARA NOSARI, *Capire l'educazione. Lessico, contesti, scenari.*, Mondadori Università, Milano 2013

Sitografia

- https://www.researchgate.net/publication/362154134_La_Sperimentazione_nella_Didattica_della_Fisica_a_Scienze_della_Formazione Primaria_a_Napoli_Experimentation_in_the_Physics_Teaching_courses_for_the_Preparation_of_Primary_School_teachers_in_Naples
- <https://www.les.unina.it/wp-content/uploads/2023/09/Guardare-per-sistemi.pdf>
- https://www.researchgate.net/publication/371119503_VARIA_TU_CHE_COVARIO_ANCH'IO_Riflessioni_e_progettazioni_sul_ragionamento_covarianziale
- <http://ebook.scuola.zanichelli.it/amaldiraie/vo-lume-1/le-grandezze/le-definizioni-operative#32>
- https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808745064_04_CAP.pdf
- https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808865946_04_CAP.pdf

- https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808532794_04_CAP.pdf
- https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808221131_04_CAP.pdf
- [file:///C:/Users/ACER/Downloads/Cap04_PaginePDF_AmaldiMela%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/Cap04_PaginePDF_AmaldiMela%20(1).pdf)
- <https://innovazione.indire.it/avanguardieeducative/teal>
- <https://phet.colorado.edu/it/>
- <https://fieradidacta.indire.it/it/blog/metodologie-didattiche/il-cooperative-learning/>
- <https://www.libreriapontremoli.it/filemanager/libri/opera-aperta-forma-e-indeterminazione-nelle-poetiche-contemporanee.php>

